
SISTEMAS AGROFORESTALES

Editores: Fernando Olmos ¹
Martín Sosa ²
Gustavo Balmelli ³
Enrique Pérez Gomar ⁴

¹. Ing. Agr. MSc. PhD, Programa Nacional de Investigación en Pasturas y Forrajes.

². Sr., Programa Nacional de Investigación en Pasturas y Forrajes

³. Ing. Agr. MSc, Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal.

⁴. Ing. Agr. MSc. PhD, Programa Nacional de Investigación en Pasturas y Forrajes y Programa Nacional de Investigación en Producción y Sustentabilidad Ambiental

Título: SISTEMAS AGROFORESTALES

Incluye CD

Editores: Fernando Olmos
Martín Sosa
Gustavo Balmelli
Enrique Pérez Gomar

Boletín de Divulgación N° 100

© 2011, INIA

ISBN: 978-9974-38-294-7

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay
<http://www.inia.org.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Esta publicación no se podrá reproducir total a parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr., MSc. Enzo Benech - Presidente

Ing. Agr., Dr. Mario García - Vicepresidente



Dr., MSc. Pablo Zerbino

Dr. Alvaro Bentancur



Ing. Agr., MSc. Rodolfo M. Irigoyen

Ing. Agr. Mario Costa



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. ANTECEDENTES GENERALES.....	8
3. ANTECEDENTES EXPERIMENTALES	10
4. ANTECEDENTES EN EL PAÍS	14
5. ACTUALIDAD EN EL HEMISFERIO SUR	16
6. VALIDACIÓN DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN LA UNIDAD EXPERIMENTAL	
La MAGNOLIA	18
Materiales y métodos.....	18
Resultados y discusión.....	19
Sistemas 1 y 2	20
Sistema 3	26
Sistema 4	29
Sistema 5	35
Crecimiento de los árboles	36
Conclusiones	39
7. CONSIDERACIONES FINALES	40
8. BIBLIOGRAFÍA.....	41

SISTEMAS AGROFORESTALES

“La plantación de árboles al nacimiento de nuestros hijos, debería constituirse en un efecto socio cultural que contribuya al bienestar general de las generaciones futuras”

1- INTRODUCCIÓN

En los últimos 25 años el área dedicada a la forestación en Uruguay se ha incrementado sustancialmente, particularmente en la región de areniscas en la zona norte, donde se ha alcanzado el 70% de la superficie potencial forestable (CONEAT, 1994; Dell'Acqua *et al.*, 2006). Inicialmente las plantaciones forestales se realizaron con especies de *Eucalyptus* y *Pinus*, en base a los estímulos proporcionados por la ley No. 15.939. En la actualidad, sin embargo, de acuerdo a cada proyecto propuesto ante la Dirección Forestal es posible utilizar una mayor amplitud de especies con propósitos forestales (www.mgap.gub.uy/Forestal).

Respecto a la utilización de rotaciones de cultivos anuales con pasturas, se ha demostrado que la integración de diferentes rubros (diversificación productiva) consolida la estabilidad productiva y empresarial en el mediano plazo, y básicamente, contribuye a la conservación del suelo como uno de los principales recursos naturales del país. En este sentido, se toma como referencia la larga y extendida tradición en el Uruguay, generada primero en el litoral por el Centro de Investigaciones Agrícolas A. Boerger (CIAAB) (Díaz *et al.*, 1980) y luego la contribución realizada en otras regiones por parte del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) (Olmos, 1994).

Dadas las características favorables para el crecimiento de los árboles en los suelos arenosos de la región (Altamirano *et al.*, 1976) se visualiza la posibilidad de alcanzar una integración y adaptación de las propuestas forestales y ganadero-agrícolas a través de la implementación de los sistemas agroforestales (SAF).

En el caso específico de la región noreste, en la Estación Experimental del Norte, INIA-Tacuarembó, se ha evaluado desde hace más de 30 años la integración de diferentes rubros en sistemas de producción sobre suelos arenosos (INIA Tacuarembó, 2006). La propuesta, desde el punto de vista biológico consiste, por un lado, en identificar cultivos graníferos (Pérez Gomar y Lavecchia, 2006), plantas forrajeras (Formoso y Allegri, 1980; 1984; Olmos, 1996; Bemhaja, 2001), diferentes razas de animales (Pittaluga, 2006), diferentes cultivos hortícolas y frutícolas (G. Pereira, 2006; C. Picos, 2006), y plantaciones forestales (Balmelli y Resquín, 2006) que se adapten a las condiciones ambientales de la región y, por otro, consolidar mejores combinaciones de estos rubros favoreciendo la diversificación productiva y la mejora de la rentabilidad predial (Soares de Lima y Pittaluga, 2006).

Así, en este trabajo se recurre a la descripción de actividades de validación desarrolladas en la Unidad Experimental La Magnolia de INIA Tacuarembó para la implementación de sistemas agroforestales. El principal objetivo que se estableció en este estudio fue obtener registros biológicos que permitan la implementación de sistemas de producción integrados, utilizando los cultivos para grano, las pasturas, los animales y la forestación.

2- ANTECEDENTES GENERALES

La práctica de integración de diversos cultivos por medio de los sistemas agroforestales ha sido adoptada naturalmente por los productores en diversas partes del mundo, favoreciendo los ingresos prediales para la satisfacción de necesidades específicas tanto para el corto plazo como para el mediano plazo. Esta aplicación relativamente compleja, se ha adaptado en los distintos continentes y sus diferentes regiones.

Varios casos se presentan como ejemplos de la integración de cultivos mediante el desarrollo de sistemas agroforestales:

- Kenya, África, (David, 1997): cada productor adopta una estrategia de mediano plazo para la satisfacción de necesidades específicas y alcanza importantes ingresos con cultivos de ciclo corto.
- América Tropical: la cultura maya practicaba este sistema, utilizando cultivos intercalados integrando ciclos cortos y ciclos largos de acuerdo a la región, así como el uso de árboles frutales y productos maderables (Pinchinat *et al.*, 1976).
- Oriente Medio: en esta región se reconoce esta actividad como una práctica ancestral (Nasr, 1976)
- En India se estima que entre 4.000 y 7.000 años A.C. se practicaba lo que puede referirse al "jardín del hogar" o Ashok Vatika, donde se utilizaba un conjunto de especies en forma integral (Puri y Nair, 2004)
- En Nepal: se han establecido cultivos de uso múltiple incluyendo hasta cinco en dos años y en un mismo sitio (Harwood y Price, 1976)
- Cuba y Perú: existe información del período colonial, año 1748, sobre sistemas agroforestales ecológicamente viables con importancia desde el punto de vista social, por ejemplo con la implementación de huertas prediales (Renda *et al.*, 1997; Carhuapoma y Portuquez, 1997).

A su vez, la implementación de los sistemas agroforestales contribuye a incrementar la productividad en tierras marginales así como a recuperar tierras que han dejado de ser productivas. Entre otros ejemplos, se cuenta con los establecidos en la cuenca del río Amazonas donde se han desarrollado trabajos de extensión en los cuales se propone la re-siembra de especies nativas con diferentes propósitos, como madera dura y cultivos anuales, de acuerdo a criterios locales que llevan a los productores a adoptar diferentes combinaciones (Browder *et al.*, 2005). Cabe señalar también, que el uso de la leña como combustible es una práctica adoptada desde siempre por el hombre y, en este sentido, la biomasa de diferentes especies se cosecha tanto para el uso doméstico como industrial (NAS, 1980).

Por otro lado, en Nigeria, África Tropical (Okigbo y Greenland, 1976) el uso de cultivos múltiples ha sido ampliamente descrito mostrando la posibilidad de utilización en estos sistemas de más de 50 especies, incluyendo tubérculos, raíces, cultivos de secano, forrajeras vegetales, maní, arroz y/o frutas, estableciendo pequeños parches en los cuales se entremezclan distintas especies que se adaptan a condiciones ambientales locales muy específicas, incluyendo su topografía.

En Chile, se presenta la integración de los sistemas agroforestales de acuerdo a sus características geográficas, al régimen hídrico regional que pasa desde regiones semiáridas hasta húmedas, utilizando diferentes especies como Prosopis, Atriplex, y Pino (Cabrera, 1989; Squella y Soto, 1993)

Finalmente, se hace referencia a los ejemplos desarrollados en:

- Estados Unidos, donde se reporta la práctica de asociaciones, tanto de diferentes especies de pasturas como de pasturas con cultivos en un mismo ciclo de crecimiento (Gomm *et al.*, 1976).
- Nueva Zelanda: allí se han desarrollado políticas institucionales considerando tanto aspectos políticos como científicos con la participación de productores, inversores y empresarios apuntando a la diversificación productiva (Butcher, 1988)
- Australia: en este país se realizó una aproximación integral teniendo en cuenta la participación de productores agropecuarios, integrando las actividades forestales que incluyen aspectos prácticos, técnicos, económicos y de impacto ambiental a la propuesta y su relación con demandas de extensión, capacitación, investigación y demostraciones en el campo (Haines, 1992).
- Francia: se han realizado investigaciones tendientes a integrar los sistemas pastoriles considerando todos los aspectos de toma de decisiones por parte del agricultor y su familia mediante la representación de un sistema complejo, modalidad que se desarrolla predominantemente sobre un espacio forestal donde están incluidas actividades como la producción ovina, el control de los incendios y la utilización de la pastura (Etienne *et al.*, 1990).

En Uruguay, la forestación estuvo básicamente desarrollada en base a la implantación de Eucaliptos en sistemas pastoriles con un objetivo ganadero y operando como fuente de diversos servicios, fundamentalmente, destinados a la generación de madera, sombra y abrigo, entre otros. Hacia el final del siglo XX surgieron las empresas con objetivos forestales integrándose, paulatinamente, estos sistemas a la producción ganadera y, en menor medida, a otras actividades como la apícola. (www.mgap.gub.uy).

Se han propuesto diversos sistemas de clasificación de los sistemas agroforestales, dependiendo en muchos casos de los componentes locales (Ramachandran Nair, 1993; Francis, 1989). Sin embargo, la definición que plantea Butcher (1988) por su sencillez y el modo completo a partir del cual enmarca a estos sistemas resulta una de las más apropiadas. Butcher define a los sistemas agroforestales como un término general que cubre un amplio rango de uso del suelo en el que las plantas perennes leñosas, incluyendo los árboles, se manejan en un sistema integrado verticalmente con la agricultura; esta definición incluye tanto el silvopastoreo como el agrosilvopastoreo.

3- ANTECEDENTES EXPERIMENTALES

La implementación de los SAF debe basarse sobre el conocimiento tanto del sitio como de las especies a implantarse, para ello es necesario la obtención de registros objetivos que contribuyan a una efectiva integración de rubros en un mismo espacio. En este sentido, se destaca la importancia de la identificación de las principales variables que afectan las interacciones entre los diferentes estratos, así como su correcta cuantificación. Desde el punto de vista ecofisiológico, los tres principales elementos en cada sitio que condicionan la adaptación de cada especie vegetal son: la radiación solar recibida, la disponibilidad de agua y el contenido de nutrientes en el suelo.

En general, la interacción de los árboles con la pastura y los cultivos sembrados entre las filas de árboles se manifiesta a partir del segundo al tercer año de crecimiento, independientemente de la densidad y la distribución de éstos en la implantación de sistemas agroforestales. La intensidad de los efectos varía con el tiempo dependiendo de cada sitio en particular y las especies y cultivares que estén involucrados.

En Nueva Zelanda, Percival y Knowles (1983) han reportado un importante efecto de la densidad de árboles en la productividad de una pastura sembrada dentro de plantaciones de *Pinus radiata*, pasando de valores del orden de un 84% en relación a un testigo cuando hubo una densidad de 50 árboles/ha, a 75% con 100 árboles y 58 y 34% para 200 – 400 árboles/ha respectivamente.

En España, utilizando densidades de plantaciones entre 250 – 2.500 árboles por hectárea se ha registrado un descenso en la producción de la pastura de 5.000 - 2.000 kg MS /ha en forma lineal, al pasar de 556 a 2.500 árboles/ha, luego de 5 años de plantados los árboles, pero no al pasar de las densidades entre 250 y 556 árboles/ha. (Rozados *et al.*, 2007). Percival y Knowles (1988), considerando una serie de experimentos, establecieron una relación negativa entre la producción de la pastura y el incremento del largo de la corona de los árboles/ha. Además, consideraron que en los primeros años la competencia entre los diferentes estratos sería por agua y nutrientes, mientras que al desarrollarse los árboles, la misma sería por la obtención de luz.

Vishwanatham *et al.* (1999) y Samra *et al.* (1999) encontraron resultados similares a los anteriores, mostrando que, independientemente de las especies involucradas en la interacción árbol – pastura luego de cuatro años, se constató una reducción en la producción de forraje anual; este efecto se vio favorecido, a su vez, por el desrame de los árboles siendo mayor el rendimiento de la pastura cuando el mismo alcanzó el 75% de la copa comparado con el 50%. Esta información se corresponde con lo propuesto por Percival y Knowles (1983) quienes señalaron la importancia del buen manejo silvicultural en los SAF en forma temprana para favorecer una capacidad de carga animal de los sistemas más estable a lo largo de los años.

En Chile, Ovalle (1986) y Ovalle y Avedaño (1987) reportaron resultados indicando la fuerte interacción presente entre el componente arbóreo y el estrato herbáceo en montes naturales de más de 150 años; interacción que genera una gran heterogeneidad en la vegetación conduciendo a diferencias en la productividad influenciada por el efecto del pastoreo animal. Los autores reportaron un incremento en la productividad forrajera cuando la cubierta arbórea fue de 80%, comparada con un testigo sin la presencia de

árboles y con otro tratamiento con 50% de la cobertura arbórea. La mayor productividad se explicó por el alargamiento de la estación de crecimiento en la cobertura superior, una mejor calidad de la pastura y por el balance hídrico en el suelo. Asimismo, el reciclaje y el aporte de nutrientes (NPK), por parte del follaje de los árboles al caer al suelo fue 60% superior en el tratamiento con 80% de cobertura comparado con el tratamiento donde la cobertura fue del 50%.

Desde el punto de vista de la productividad animal otros factores, además de la producción de materia seca de la pastura, afectan la performance animal en los sistemas agroforestales. Factores como la calidad de la pastura, la reducción en la velocidad del viento, el efecto de la sombra, la reducción en la amplitud de la temperatura ambiente entre otros aspectos, interaccionan localmente con la respuesta animal (Ovalle, 1986; Haines, 1993).

En USA (Kallenbach *et al.*, 2006) se comparó la ganancia diaria animal en dos tipos de ambiente, uno con pinos de 6 – 7 años de edad y otro con la pastura sin árboles; la pastura mejorada consistió en una mezcla de raigrás y centeno, comprobándose una reducción del orden del 20% por hectárea en el área forestada respecto al testigo sin árboles, sin embargo, no se detectó un efecto en la ganancia diaria animal; esto pudo ser atribuido a una mayor proporción de proteína cruda en la dieta siendo 17 – 18% comparado con 13 – 15% para los casos con árboles y sin árboles de la pastura respectivamente. El número de días de pastoreo efectivo, para el caso de la pastura sin árboles, fue significativamente mayor que en la pastura con árboles.

En un estudio de largo plazo, por otra parte, se analizó la integración de pasturas, pinos y ganado vacuno en un sistema agroforestal (Lewis *et al.*, 1983). Luego de 3 años de crecimiento de los pinos se instalaron pasturas a partir del 4^{to}. año y, a partir del 5^{to}. año y hasta el año 20 se pastoreó con vacunos de sobreaño. Los árboles fueron plantados a dos densidades 3.7 x 3.7 m y 6.1 x 6.1 m tanto en la pastura cultivada como en la pastura nativa. Los resultados indican que en la medida que el follaje de los árboles fue mayor se redujo la producción de forraje de todas las pasturas siendo *Paspalum notatum* la especie más tolerante al sombreado y *Cynodon dactylon* la menos tolerante. En cuanto a la producción de carne al constatarse la presencia de los árboles, así como el incremento en su densidad, determinó una disminución en la producción total (Cuadro 1), sin embargo aún en la densidad más alta, la producción promedio anual para el período fue de 101, 2 kg/ha/año.

Cuadro 1- Productividad animal en tres sistemas de producción de pasturas asociadas con dos densidades de árboles (adaptado de Lewis *et al.*, 1983).

Sistema	Carne producida en 15 años (kg)	Promedio anual kg carne / ha / año
Sin árboles	3933 a *	262.2
6.1 x 6.1	2302 b	153.5
3.7 x 3.7	1518 c	101.2

(* - letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre los valores)

En cuanto a la producción maderera, la misma varió con la densidad de árboles, siendo los mismos más finos y altos a mayor densidad de plantas por hectárea que los de menor densidad, pero con un mayor volumen de producción por hectárea. En general, los valores de los parámetros fueron mayores cuando los árboles se encontraban conjuntamente con la pastura mejorada (Cuadro 2).

Cuadro 2- Producción maderera, altura y diámetro de árboles plantados en cuatro sistemas de producción conjuntamente con pasturas (adaptado de Lewis *et al.*, 1983).

	Sistema	Altura árboles (m.)	Diámetro (cm.)	Prod. de madera m ³ /ha
Pastura mejorada	6.1 x 6.1	16.9 b *	33.3 b	90.7 b
	3.7 x 3.7	19.0 a	30.0 a	181.4 a
	promedio	18	31.7	136
Pastura nativa	6.1 x 6.1	15.7 a	23.4 b	63.6 b
	3.7 x 3.7	16.0 a	19.6 a	145.5 a
	promedio	15.8	21.5	104.5

(* - letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre los valores)

Así como la mayor densidad de árboles reduce la productividad animal al reducir la oferta de forraje, con el transcurso del tiempo al crecer los árboles, la capacidad de carga animal de cada tratamiento se redujo significativamente (Cuadro 3).

Cuadro 3- Cambio en la capacidad de carga animal (UG) de tres tratamientos con el tiempo (adaptado de Lewis *et al.*, 1983).

Año	Abierto sin árboles	6.1 x 6.1 m.	3.7 x 3.7 m.
5	4.0 a *	3.0 b	2.5 b
10	4.3 a	2.9 b	1.7 c
15	3.2 a	1.3 b	1.1 b
19	3.3 a	0.5 b	0.0 b

(* - letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre los valores)

Desde el punto de vista de la calidad de la pastura se registró una leve tendencia a un mayor contenido de proteína en las pasturas mejoradas dentro de los árboles; siendo los valores de 11.9%, 12.5% y 13.1% para la pastura abierta, con menor densidad y mayor densidad de árboles respectivamente.

En la región Patagónica, Peri (2009) ha reportado resultados similares con una reducción lineal en la producción de materia seca por hectárea al incrementarse el porcentaje de cobertura de la copa de los árboles, confirmando al mismo tiempo, que el contenido de proteína bruta se incrementó con el mayor sombreado, aunque no se encontraron diferencias en la digestibilidad de la materia orgánica.

Ovalle (1986) ha demostrado que la presencia de *Acacia caven* aún con un 80% de cobertura permite el pasaje del 40% de la radiación (PAR) hacia los estratos más bajos, favoreciendo el crecimiento de la pastura; asimismo las temperaturas debajo de los árboles son menos extremas en sus valores, hay un mayor número de días con humedad relativa mayor a 90% y la mayor cobertura permite una menor evaporación conjuntamente con un mejor balance hídrico en el suelo. En cuanto al reciclaje de nutrientes, la presencia del árbol facilita el reciclado de los mismos y eventualmente los concentra debajo de la copa o en la fila de árboles según el método de establecimiento de los mismos (Ovalle, 1986; Pérez Gomar *et al.*, 2009); este efecto puede tener consecuencias diferentes para el desarrollo de la vegetación debajo de la cobertura de la copa.

En el mediano y largo plazo la acumulación de carbono en los sistemas agroforestales estará relacionada con el crecimiento de cada uno de sus componentes; algunos resultados demuestran que a través de estos sistemas la cantidad de carbono acumulada es mayor que cuando cada uno de sus componentes son tomados en forma separada (Sharrow y Syed Ismail, 2004); los autores reportaron, luego de 11 años, una acumulación de carbono de 740 kg/ha/año y 520 kg/ha/año para los sistemas agroforestales comparado con las plantaciones forestales y pasturas respectivamente.

En Nueva Zelanda, West *et al.* (1988) han evaluado la instalación de diferentes especies herbáceas forrajeras sembradas dentro de plantaciones de *Pinus radiata*, mostrando que *Lotus pedunculatus* cv. Makú es una especie adaptada a los sistemas agroforestales, alcanzando producciones anuales entre 3000 – 5000 kg MS/ha. Esta especie se adapta a bajas disponibilidades de fosfato en el suelo, es tolerante a bajos pH y no produce meteorismo. Por su parte, Sharrow y Syed Ismail (2004) reportaron luego de 11 años de desarrollo de un sistema agroforestal el aporte por parte de la pastura de entre 42-62 kg N/ha/año, siendo una fuente importante de nitrógeno para el sistema.

En Chile, Peñaloza *et al.* (1985) validaron la implementación de un sistema agroforestal en predios de pequeñas áreas (70 hectáreas) obteniendo resultados promisorios con ovinos y pinos, alcanzando un valor de producción de carne por hectárea del orden de 210 kg durante 4 años entre el tercer y quinto año de implantado el sistema, con pasturas fertilizadas.

En la actualidad se plantea la posibilidad de vincular acciones de mitigación del impacto de los gases con efecto invernadero con la fijación de carbono a través de los SAF (Pittock, 2009). En este sentido, el país está preparado para la generación de proyectos de MDL (Mecanismo Desarrollo Limpio) donde la fijación de carbono por las plantas y los suelos puede ser un mecanismo operativo y que además valore los SAF (Montagnini y Nair, 2004) (www.mgap.gub.uy/UPCT). También se ha enfatizado en la necesidad de un desarrollo específico en el área de mejoramiento genético asociado a los sistemas agroforestales y sus interacciones, incluyendo la necesidad de desarrollar equipamiento adecuado al tipo de explotación multipropósito y al tamaño de los predios (Erbach y Lovely, 1976; Jose *et al.*, 2004; Puri y Nair, 2004).

La integración que se lleva adelante en los sistemas agroforestales tiene al pastoreo como una actividad central, integradora y vinculante, la cual se expresa a través del manejo de la presión de pastoreo, incluyendo el uso del alambrado electrificado así como la decisión de realizar heno o silo en etapas tempranas del sistema. Del mismo modo,

respecto al tratamiento silvicultural de los árboles, es necesario que el mismo se realice en etapas más tempranas que en la forestación simple (Tustin *et al.*, 1979; Knowles y Cutler, 1980; Baggio, 1983; Doescher *et al.*, 1987). A través de una aproximación integral y abarcativa aplicada a los SAF para resolver problemas reales, Lassoie (1990) destaca que, a diferencia del reduccionismo, no habrá un modelo único a aplicar, en cambio sí será necesario tomar entrenamiento y capacitación de acuerdo a las condiciones ecológicas, socio - económicas, culturales, locales y específicas dentro de cada país.

4- ANTECEDENTES EN EL PAÍS

En Uruguay en el siglo XIX, a través de la aprobación del Código Rural (Lagarmilla y Heguy, 1975) se propendió al desarrollo de la forestación considerando tanto la conservación del monte nativo así como la instalación de montes artificiales, estableciéndose la obligación para los predios con frente a los caminos de plantar al menos una hilera de árboles en el costado del mismo.

En la región noreste se han realizado experimentos para favorecer la integración de sistemas agrícolas – ganaderos donde el objetivo principal es reducir al máximo posible el período de suelo desnudo durante el año, así como el aumento de la productividad predial. En este sentido, se validó el uso del espectro de especies forrajeras disponibles en el momento, mediante la siembra en pre-cosecha del cultivo de soja, con laboreo reducido, con laboreo convencional así como asociadas a cultivos de invierno (Olmos, 1991; Olmos, 1994). Estas prácticas fueron adoptadas por los productores locales.

En 1992, en la 1ª reunión técnica sobre sistemas agroforestales en Tacuarembó, Krall (1992) planteó que Uruguay se encuentra en una situación inmejorable para la implementación de sistemas silvo-pastoriles dado el amplio conocimiento que se tiene respecto al manejo ganadero por una parte, y al alto potencial que dispone el país para la forestación por otro. El autor establece que la implementación de estos sistemas requiere que el manejo de los mismos sea más intenso que lo tradicional, destacando, a su vez, la necesidad de apuntar a una producción de madera de alta calidad.

En esta misma reunión técnica de Tacuarembó, otros autores aportaron experiencias relativas al uso integrado de la forestación y la ganadería. En el caso de una empresa forestal se indica que con pinos, solamente es posible el pastoreo vacuno hasta los 7-8 años de edad del monte, dado que luego hay una muy escasa penetración de la luz y, por lo tanto, baja producción de forraje (Noble, 1992). Otro autor destaca la importancia de un retorno económico temprano en el sistema utilizando el pastoreo, ya que desde el punto de vista del monte, los ingresos serían más a mediano y largo plazo (Mollar, 1992). Por otra parte, se destaca la importancia del monte en la disminución de los extremos ambientales al reducir la temperatura en verano y mantener el abrigo en invierno para los animales en pastoreo; asimismo la presencia de los árboles podría asociarse a un cambio en la composición botánica de la pastura (Fogolino, 1992). En esta reunión, se presentó además, un sistema en el cual se encontraban integrados diversos rubros como ganadería ovina y vacuna, citricultura, apicultura y forestación, incluyendo ya el uso del alambrado electrificado (Zinger, 1992). Desde el punto de vista animal, Martínez *et al.* (1992) reportaron ganancias de 38 kg de carne/ha y por año en un huerto semillero de pinos.

En el caso de la integración animal con las plantaciones forestales, Polla (2009) ha resumido una serie de experiencias en las que se ha integrado el rubro ovino en condiciones comerciales, con la inclusión de especies forrajeras cultivadas y el uso del alambrado electrificado.

Olmos (2000), por su parte, presentó resultados de un experimento instalado en Tacuarembó con diversas especies forrajeras dentro de un monte de *Eucalyptus grandis* implantado a 4 x 2 m; en el mismo, se demostró la posibilidad de instalación tanto de especies anuales (avena y raigrás) dentro del monte así como de una especie nativa perenne, *Bromus auleticus*. La siembra de bromus en estas condiciones presentó una densidad de 58 plantas/10 dm² a los 100 días de la siembra y, en el primer año de crecimiento los tratamientos que incluyeron raigrás alcanzaron los 5500 kg MS/ha y los que incluyeron avena 6970 kg MS/ha. A partir del segundo año de crecimiento de los árboles, la radiación fotosintéticamente activa (PAR) disponible para el crecimiento, fue significativamente menor dentro del monte, alcanzando valores de 60 y 90 micro moles m² seg⁻¹ (valores promedio en el mediodía de un día claro) para invierno y verano respectivamente comparado con valores de 2100 y 900 micro moles m² seg⁻¹ para la pastura sin árboles en invierno y verano.

Desde el punto de vista de los productos que son posibles obtener en sistemas agroforestales integrados en el Uruguay, son varios los autores que aportan información. En este sentido, se destacan los productos maderables en todas sus categorías, desde el básico, como es el consumo para leña, hasta la posibilidad de la generación de tableros e insumos para pulpa y mueblería. Al mismo tiempo, asociado a las plantaciones de árboles, se encuentra el propio desarrollo de la apicultura así como el posible desarrollo de la micro industria de aceites esenciales. Por su parte, los rubros tradicionalmente ganaderos se han ido integrando a las plantaciones forestales (Sanz *et al.*, 2007) a través del pastoreo de franjas como los corta fuego y posteriormente integrándose al resto del área forestada. Sin embargo, los cultivos agrícolas, tanto graníferos, forrajeros como hortícolas, no han alcanzado el mismo nivel de complementación.

Marchesi y Davies (2004) han destacado la posibilidad de utilizar más de 200 especies nativas de nuestro país, como potenciales plantas medicinales y aromáticas y que podrían validarse en sistemas agroforestales. Brusa y Grela (2007) por su parte, han resaltado la variabilidad de la flora arbórea principalmente de la región norte del Uruguay, destacando una importante serie de especies con un uso apropiado a ser desarrollado; ideas que ya habían sido manejadas por Chebataroff (1960) para la misma región, de acuerdo a la importante diversidad de ambientes encontrados en la misma. Lombardo (1964) al considerar la descripción de la flora arbórea y arborescente del Uruguay destaca en múltiples oportunidades el valor de uso de muchas de las especies nativas, siendo las más obvias por su uso actual, la yerba mate, la pitanga, el butiá, el guayabo, el género *Prosopis*, el arazá y el espinillo. El butiá, particularmente en la región rochense, así como otros frutos nativos regionales, han sido destacados en sus múltiples usos (Rivas, 2005; INIA 2008).

Otros ejemplos de integración de rubros en nuestro país son: ovinos y bovinos / agricultura-ganadería / sombra-abrigo-forestación ganadería / forestación comercial-ganadería / lechería-ganadería / arroz-ganadería / venados-ganadería / llamas-ovinos / citricultura-ganadería / monte nativo de galerías-ganadería / monte nativo serrano-ganadería / monte nativo de parque-ganadería / palmares-ganadería / abacaxí-ganadería / apicultura-forestación-ganadería / arbustos carqueja, mío-mío, chilca, caraguatá, espartillos-ganadería.

5- ACTUALIDAD EN EL HEMISFERIO SUR

Hoy en Nueva Zelanda, el uso del suelo y la mayor productividad son los elementos que condicionan la instalación de sistemas agroforestales; el uso de los sistemas con hileras espaciadas se ha establecido principalmente en la región más montañosa, en cambio, en otros sitios con ganadería más desarrollada, se promueve la instalación de lotes de plantaciones con árboles o como cortinas protectoras (Mead, 2009). En este país, la forestación es considerada también, desde el punto de vista de la conservación del suelo, la contaminación de los cursos de agua, la biodiversidad y aspectos concernientes al paisaje.

Australia ha desarrollado un plan maestro que involucra a todos los actores de la sociedad incluyendo a productores, al sistema de capacitación y enseñanza, políticas gubernamentales y a representantes de empresas forestales (www.mtg.unimelb.edu.au) destinado a la implementación de sistemas agroforestales para la generación de productos como energía, lana, fibra, aceites, alimentos, forrajes y servicios eco sistémicos tendientes a mejorar las oportunidades económicas (www.australianforest.org.au).

En África del Sur los recursos forestales son considerados valiosos desde el punto de vista de la diversidad biológica, por su uso medicinal así como por su relación con valores estéticos y espirituales. Muchos productos comerciales son obtenidos a partir de estos recursos, por ejemplo: madera, resinas, frutas, alimentos, corcho, fibras y vida silvestre y la generación de oportunidades de recreación y turismo. A su vez, otros productos son considerados como no comerciables, entre ellos, los vinculados a la protección de las fuentes de agua, la conservación de la diversidad biológica y la capacidad de fijación de carbono. Existen iniciativas gubernamentales y de organizaciones no gubernamentales que estimulan la implementación de sistemas agroforestales (Biomass Initiative) (www.fao.org/docrep/005/ac486e/ac486202.htm).

En el sudeste asiático, si bien es una práctica común donde se tiene presente la importancia de los sistemas agroforestales para la diversidad biológica, la salud de los ecosistemas, la protección del suelo y el agua así como la posibilidad de almacenar carbono, todavía existen ciertas restricciones para su desarrollo; siendo en algunos casos las principales causas la falta de calidad suficiente de los materiales genéticos utilizados, la falta de habilidades para el manejo de sistemas integrados así como la información de los mercados de los productos y la falta de compensaciones por los servicios ambientales (www.maf.govt.nz/mafnet/unff-planted-forestry-meeting).

En el sur de Chile los sistemas agroforestales son considerados una alternativa para un desarrollo sustentable de la agricultura campesina (Sotomayor, 2009). En este país se identifican claramente seis sistemas desde el punto de vista económico, ambiental y social que, con la adopción de los SAF, contribuirían a generar ingresos adicionales a los ya obtenidos por los sistemas ganaderos y agrícolas a través de la valorización de los predios, la recuperación de los suelos degradados, la venta de otros productos como miel, frutas, el uso de “galpones biológicos”, el mejoramiento del paisaje y la sostenibilidad de la vida silvestre.

Por su parte, la propuesta para la región del Chaco en Argentina (Carranza, 2009) presenta un componente diferencial donde la implementación de sistemas silvopastoriles es considerado como una “ordenación del bosque” al ser la formación natural de la región; para ello, se plantea la necesidad de reconocer las diferentes culturas con diferentes características ambientales y socioeconómicas así como aspectos del ciclo de nutrientes, la producción de forraje y la biodiversidad. En la región de Misiones se estima que los servicios generados por los sistemas agroforestales permitirían incrementar la productividad por unidad de superficie, mejorar la estructura y la fertilidad del suelo así como favorecer la calidad del forraje y mejorar el confort del ganado (Lacorte y Esquivel, 2009).

En el sur de Brasil se ha propuesto la implementación de los SAF como un complemento al uso del suelo por parte de los sistemas agrícola – ganaderos; en este sentido, se están seleccionando especies forrajeras nativas y se construye una red de unidades de referencia respecto a la aplicación de tecnología para la implementación de SAF considerando aspectos tanto de extensión como de capacitación. Porfirio da Silva (2009) ha destacado la importancia de las políticas públicas para la superación de barreras económicas, operativas y culturales a los efectos de la implementación de los SAF.

Estas últimas propuestas, presentan una importante similitud con los trabajos analizados en India luego de 25 años de esfuerzo y donde se han identificado algunos inconvenientes en la implementación de los sistemas agroforestales, destacando entre ellos, el defasaje entre la tecnología generada y su adopción, indicando la necesidad de incrementar los estudios con profunda base científica que analicen las interacciones entre el ciclo de los nutrientes, la radiación solar y el agua con las diferentes especies involucradas, asociados a una política institucional y de generación de infraestructuras (Puri y Nair, 2004).

El propósito de este trabajo fue evaluar la posibilidad de integrar los rubros utilizados en los sistemas de producción agrícola-ganaderos actuales conjuntamente con la actividad forestal en el área de areniscas de Tacuarembó.

6- VALIDACIÓN DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN LA UNIDAD EXPERIMENTAL LA MAGNOLIA

Materiales y métodos

El área experimental se instaló en la Unidad Experimental La Magnolia, 20 Km. al este de la ciudad de Tacuarembó, sobre suelos arenosos de la Unidad Tacuarembó (Altamirano *et al.*, 1976) (Cuadro 4).

Cuadro 4 - Descripción analítica del suelo en el área experimental

profundidad	pH H ₂ O	pH KCl	% MO	K meq/100g.	P ppm	Al meq/100g.
0 – 30 cm.	4.5	3.9	1.2	0.30	19	0.51
35 – 55 cm.	4.5	3.9	1.1	0.25	6	----

Los tratamientos consistieron en la implementación de cinco sistemas de rotación cultivo – pasturas, dentro de tres ambientes generados por la implantación de *Eucalyptus grandis*. Los tres ambientes forestales fueron tres densidades de plantación con una distancia entre filas igual para los tres, de 5 m. Las densidades fueron 200, 400 y 1000 árboles por hectárea, con una distancia entre árboles en la fila de 10, 5 y 2 m respectivamente. Específicamente, las líneas de plantación estuvieron orientadas de norte a sur. Cada sistema, dentro de cada ambiente forestal, consistió de dos entre filas de 50 m de largo por 5 m de ancho. En cada entre fila se asignaron los tratamientos respectivos de acuerdo a los 5 sistemas de rotación propuestos:

- 1 – cultivo de soja / verdeos de invierno
- 2 – cultivo de maíz / verdeos de invierno
- 3 – pradera convencional
- 4 – leguminosas forrajeras
- 5 – bromus con nitrógeno

Los árboles fueron plantados el 4 de octubre de 1990 y los sistemas comenzaron a partir del otoño de 1991. En los Sistemas 1 y 2 se realizaron verdeos de invierno con avena y raigrás (50% c/u en la mitad de cada parcela) previo a los cultivos de verano, luego de dos ciclos de cultivo, se instaló una pradera convencional similar al Sistema 3. En el Sistema 3 se utilizó una mezcla incluyendo *Holcus lanatus*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*. En el Sistema 4 se dividió el área correspondiente al tratamiento en cinco sub-parcelas de 5 x 10 m en cada entre fila de árboles, incluyéndose en cada una

Trifolium subterraneum cv. Woogenellup, *Trifolium vesiculosum*, *Lotus pedunculatus* cv. Maku, *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel y *Ornithopus compressus* cv. INIA Encantada. En el Sistema 5 se sembró *Bromus auleticus* en el primer año y en el segundo se incluyó *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel en cobertura.

Las especies utilizadas en el experimento de validación son especies que han sido ampliamente evaluadas en los suelos de la región, así para avena y raigrás (Allegrí *et al.*, 1977), para leguminosas en general (Formoso y Allegrí, 1980), para *Holcus* (Bemhaja, 1993), para diferentes especies de *Lotus* (Olmos, 2001; Ayala *et al.*, 2001), con diferentes métodos de siembra (Olmos, 1994); así como para especies relativamente poco conocidas como *Ornithopus* (Olmos, 1996), *Bromus* (Olmos, 1993) y *Trifolium vesiculosum* (Olmos, 1994). La composición de la pradera que incluyó *Holcus*, *Lotus corniculatus* y Trébol blanco, es la utilizada en el sistema de rotaciones, comúnmente aplicado en forma local (Pérez Gomar y Bemhaja, 1992).

Se registró la cantidad de materia seca producida por hectárea en los tratamientos con forraje así como la producción de semilla y la producción de grano en los cultivos; se registró la altura de la planta y el diámetro a la altura del pecho (DAP) en los árboles de las líneas centrales de los tratamientos en la densidad mayor.

Las especies forrajeras se sembraron a una densidad que permitiera obtener 12 – 15 semillas/dm². En el caso del cultivo de la soja se sembró de manera de alcanzar una población de 250.000 plantas/hectárea y en el caso del cultivo de maíz, se sembró de forma de obtener una densidad de 60.000 plantas/hectárea. La fertilización química aplicada consistió en 40 unidades de P₂O₅ para todos los sistemas en forma anual y de 60 kg de N₂/ha, en forma de urea, para *Bromus* (Sistema 5), para el cultivo de maíz en el Sistema 2 y para los verdeos invernales en los Sistemas 1 y 2.

La evaluación de los primeros años de instalación de los sistemas integrados finalizó en agosto de 1993.

Resultados y discusión

Durante el período experimental la evaporación del tanque "A" fue relativamente similar a través de las estaciones del año, presentando un pico máximo en torno a los meses de verano; la lluvia en cambio se presentó más variable en los volúmenes mensuales (Figura 1). En la segunda parte del primer verano la lluvia fue sensiblemente menor que la evaporación (enero, febrero, marzo – 1991); en el segundo verano la lluvia fue superior a los 90 mm mensuales para el período octubre – abril y menor que la evaporación en los meses diciembre – marzo; en el tercer verano la lluvia fue relativamente menor que la evaporación en la primera mitad del mismo (diciembre – enero); el otoño 1991 así como la primavera 1992, fueron relativamente secos; el invierno 1992 fue muy húmedo.

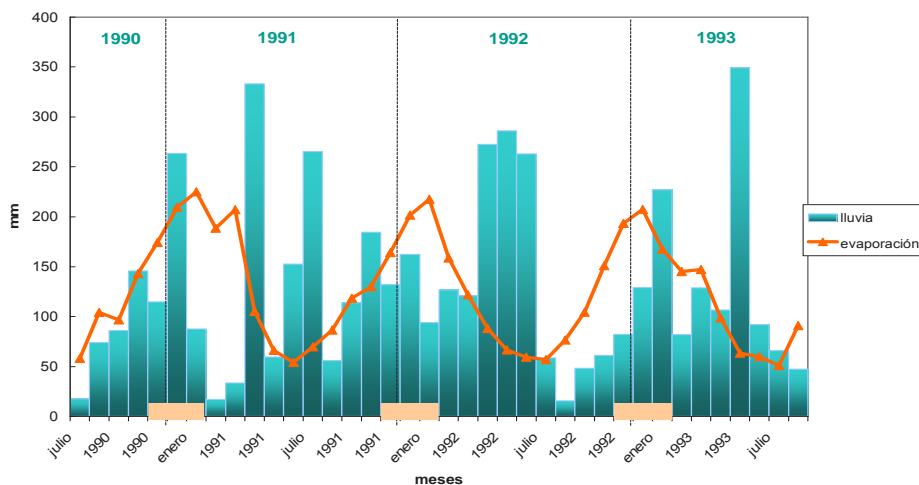


Figura 1- Registros de lluvia y evaporación del tanque "A" en la Unidad Experimental La Magnolia durante el período experimental (barras horizontales: verano).

Esta variabilidad interanual en la lluvia mensual es una característica de la región noreste del país (IICA, FSB, MAP, 1978; Olmos, 1997).

Sistemas 1 y 2

La producción de forraje fue similar tanto para la avena como para el raigrás en los dos sistemas, independientemente de la densidad de árboles en el primer año, los valores de raigrás fueron sensiblemente menores que para la avena (Cuadro 5). En cuanto al rendimiento en grano, el cultivo de maíz presentó valores interesantes en comparación con cultivos en condiciones comerciales de secano, en cambio con la soja, los valores fueron relativamente bajos si se considera que en promedio se necesitan 1400 – 1500 kg. por hectárea para cubrir los costos de producción (Améndola, 1980; Olmos, 1983).

Cuadro 5- Producción de forraje y grano en los Sistemas 1 y 2 en el primer año de crecimiento, 1991 - 1992.

árboles/ha	Sistema 1 Forraje kg MS/ha		Sistema 2 Forraje kg MS/ha		Rendimiento en grano kg/ha	
	avena	raigrás	avena	raigrás	soja	maíz
200	4915	2702	5248	2340	1100	3085
400	5974	3108	5591	2682	845	2883
1000	4967	3505	5300	2921	1047	3257
	6 nov. 1991		24 sep. 1991		mayo 1992	marzo 1992



Foto 1 - Cultivo de soja sembrado entre filas de *Eucalyptus grandis*.

En el segundo año los rendimientos de forraje fueron sensiblemente superiores al primer año, manteniéndose la relación donde la avena alcanza valores mayores que el raigrás. En este año se observa tanto para el Sistema 1 como para el Sistema 2 una disminución en la producción de forraje con el incremento en la densidad de árboles, en la avena, en el raigrás, en la cantidad de soja producida así como en el maíz para silo cosechado (Cuadro 6). En el caso del cultivo de soja se observó un intenso ataque de chinches al final del ciclo.

Cuadro 6- Producción de forraje y grano en los Sistemas 1 y 2 en el segundo año de crecimiento, 1992 - 1993.

árboles/ha	Sistema 1 Forraje kg MS/ha		Sistema 2 Forraje kg MS/ha		Rendimiento kg/ha	
	avena	raigrás	avena	raigrás	soja / grano	maíz / MS silo
200	9212	5670	9058	6612	950	14607
400	7423	4012	8501	6276	820	12642
1000	5027	4118	6960	6101	760	10022
	13 nov. 1992		13 nov. 1992		23 marzo 1993	



Foto 2 – Siembra de maíz entre filas de *Eucalyptus grandis*.



Foto 3 – Cultivo de maíz en floración entre filas de *Eucalyptus grandis*.

En las Figuras 2 y 3 se presenta el promedio de la producción de forraje para el primer y segundo año respectivamente, indicando la tendencia, una reducción en los rendimientos del segundo año con el incremento en la densidad de árboles.

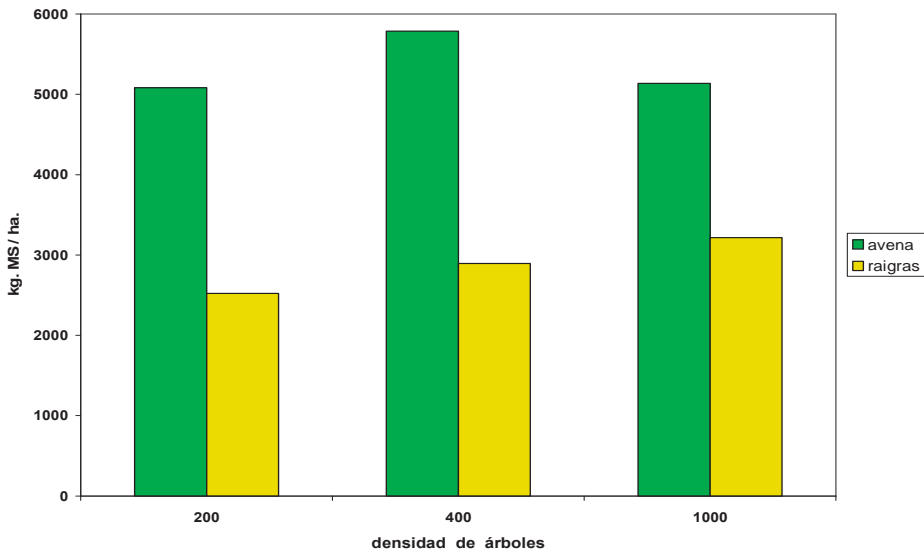


Figura 2- Producción de forraje de avena y raigrás promedio de los Sistemas 1 y 2, en el primer año de crecimiento, de acuerdo a la densidad de plantas/ha.

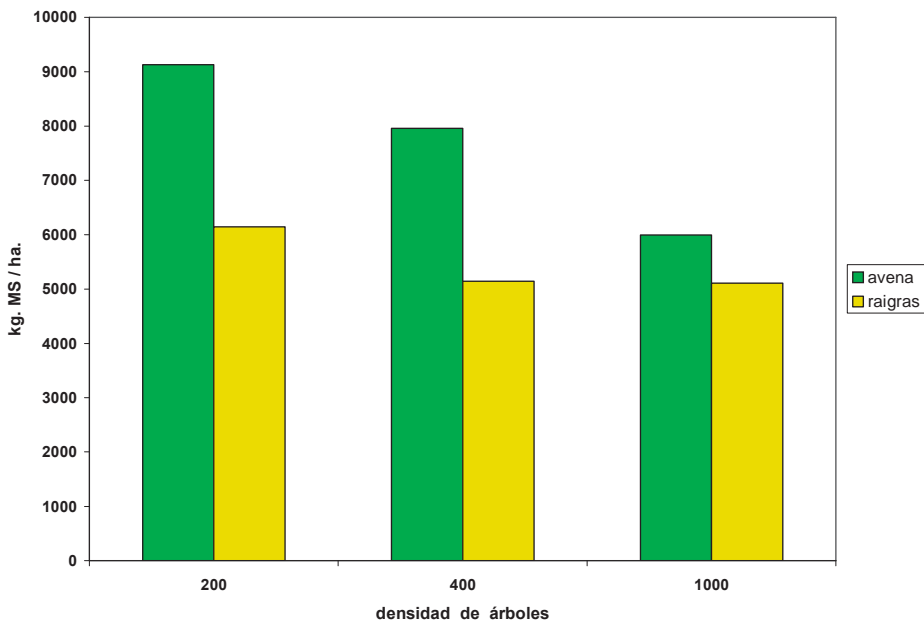


Figura 3- Producción de forraje de avena y raigrás promedio de los Sistemas 1 y 2, en el segundo año de crecimiento, de acuerdo a la densidad de plantas/ha.

Los valores registrados coinciden con los ya obtenidos para las mismas especies en condiciones de monocultivo sin la presencia de los árboles; en este sentido, Allegri *et al.* (1977), demostraron la adaptación de la mezcla avena y raigrás para este tipo de suelos, obteniendo una respuesta hasta 6000 kg MS/ha con 100 kg de nitrógeno aplicados. En contraposición a los resultados de Allegri *et al.* (1977) la productividad relativa de raigrás fue sensiblemente inferior con respecto a la avena en los dos años, indicando quizás que el mismo podría ser más sensible a la presencia de los árboles.



Foto 4 – Cosecha manual de maíz en SAF – La Magnolia.



Foto 5 – Verdeos de raigrás y avena en el primer año – *Eucalyptus grandis*.



Foto 6 – Verdejo invernal entre filas de *Eucalyptus grandis* (2do. año).

En el tercer año se instaló la pradera permanente en los Sistemas 1 y 2, no presentando, en el primer corte de evaluación de forraje, mayores diferencias en productividad entre los sistemas, ni de acuerdo a la densidad de árboles (Cuadro 7). Los resultados registrados están de acuerdo a los obtenidos con praderas convencionales instaladas en el primer corte del primer año (Olmos, 1994), siendo que la composición botánica que presentó fue 40% para el componente leguminosa y 60% para el componente gramínea.

Cuadro 7- Producción de forraje en los Sistemas 1 y 2 en el tercer año (1993), en el primer corte de la pradera.

árboles/ha.	Sistemas 1 – 2 kg MS/ha Pradera convencional	
	soja	maíz
200	988	915
400	960	1185
1000	985	926
23 agosto 1993		

Sistema 3

El sistema de pradera fue instalado con 5 kg de Holcus, 10 kg de Lotus y 3 kg de trébol blanco. En el período de evaluación se realizaron seis cortes de rendimiento y dos estimaciones de forraje disponible para dejar semillar a la pastura (enero 1992 y enero 1993) (Cuadro 8). En el primer y tercer año se observaron diferencias en la producción de forraje entre las diferentes densidades, con valores similares en el segundo año; en cambio las diferencias comenzaron a ser más marcadas a favor de las menores densidades de árboles a partir de la primavera de 1992.

Cuadro 8- Producción de forraje (kg MS/ha) en el Sistema 3 en los tres años de crecimiento.

árboles/ ha	28/11/91	16/ 1 /92	24/ 3 /92	29/ 7 /92	21/ 9 /92	13/ 1 /93	19/2 /93	23/8/93
200	7193	3681	4568	1384	1772	2958	3950	1689
400	4803	4039	4717	1585	1878	2631	3050	664
1000	4427	4302	4745	918	915	835	1250	0

En la Figura 4 se observa la evolución relativa, en el rendimiento de materia seca por hectárea del forraje, con las tres densidades de árboles.

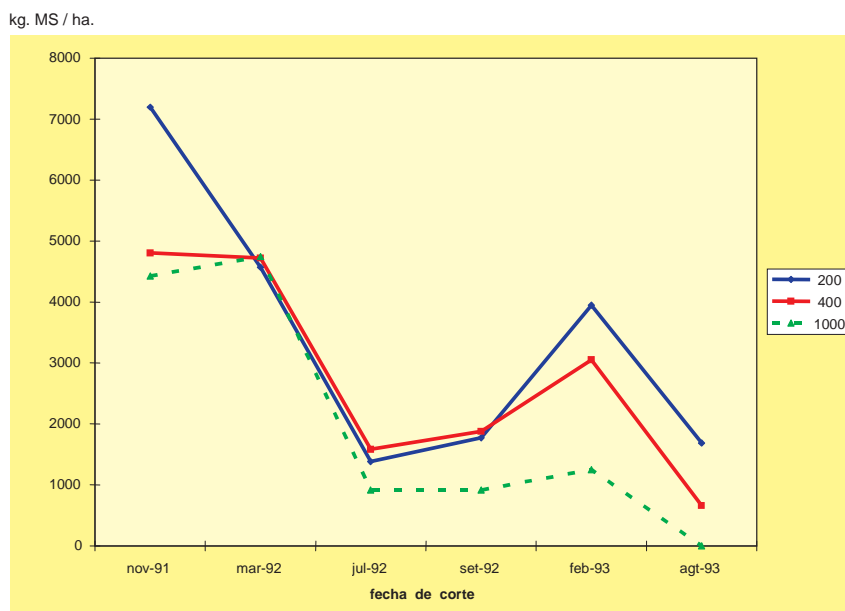


Figura 4- Producción de forraje en el Sistema 3 durante tres años de crecimiento con tres densidades de árboles.

A partir del segundo año la composición botánica de la pastura muestra una mayor presencia de Lotus y Holcus que trébol blanco (Cuadro 9). *Holcus lanatus* redujo la proporción en el segundo año de la pastura en relación directa a la densidad de árboles; la proporción alcanzada con la mayor densidad de árboles es similar a las mezclas estudiadas bajo pastoreo por Bemhaja (1993) donde se alcanzaron 405 kg/ha de ganancia de peso vivo animal promedio de cuatro años.



Foto 7 – Verdejo invernal entre filas de *Eucalyptus grandis*, durante el período invernal de heladas.

Cuadro 9- Composición botánica (%) de la pradera en el Sistema 3 en el segundo año de crecimiento, 1992.

árboles/ha	24 marzo 1992		22 julio 1992			21 setiembre 1992		
	Holcus	Lotus	Holcus	Lotus	T. Blanco	Holcus	Lotus	T. Blanco
200	11	76	55	30	3	70	27	3
400	16	71	50	45	5	67	28	5
1000	23	71	45	48	0	58	42	0

En el tercer año de evaluación se observa el marcado efecto de la mayor densidad de árboles en la reducción de la producción de forraje de la pradera convencional, variando de 9.000 a 3.000 kg MS/ha al pasar de 200 a 1000 árboles por hectárea respectivamente (Figura 5).

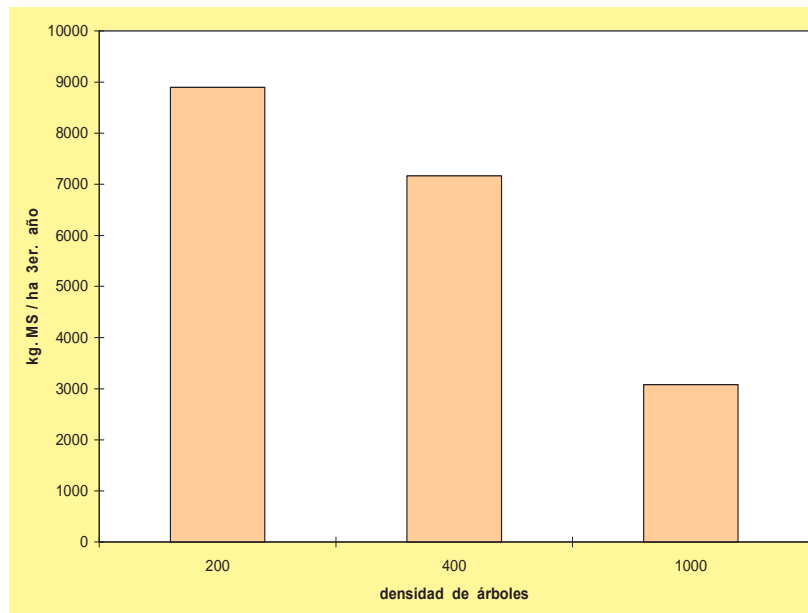


Figura 5- Producción de forraje en el tercer año en el Sistema 3 para tres niveles de densidad de árboles por hectárea.

Tomando la producción de todo el período para las tres densidades de árboles, se destaca claramente el efecto depresivo del rendimiento de forraje al incrementarse la densidad de árboles de 200 a 400 y a 1000 árboles por hectárea (Figura 6).

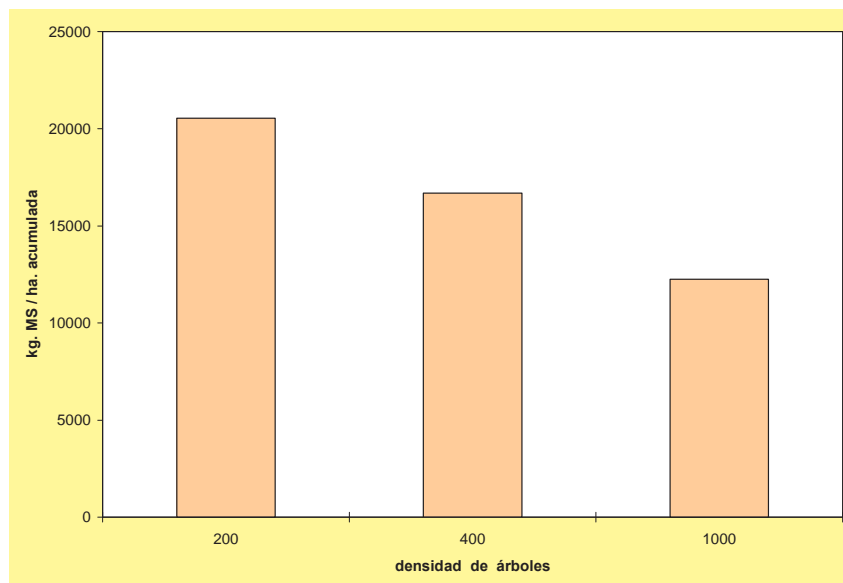


Figura 6- Producción de forraje acumulada en todo el período de evaluación en el Sistema 3 durante 3 años con tres densidades de árboles por hectárea.

En enero de 1992 se cosechó semilla a razón de 345 kg/ha para lotus y de 150 kg/ha para Holcus, en promedio para las tres densidades de árboles.



Foto 8 – Sistema 3, pradera entre filas de *Eucalyptus grandis*.

Sistema 4

Las cinco leguminosas forrajeras se sembraron el 6 de agosto de 1991, *Ornithopus compressus* a razón de 30 kg/ha, *Lotus corniculatus* a 15 kg/ha, *Lotus pedunculatus* a 5 kg/ha y *Trifolium vesiculosum* a 15 kg/ha; *Trifolium subterraneum* se sembró el 21 de abril de 1992 a razón de 30 kg/ha. En el Cuadro 10 se presentan los rendimientos de forraje registrados en las tres densidades de árboles durante el período de evaluación. El rendimiento de forraje no varió mayormente con las densidades de árboles en el primer año; en el segundo año se comenzaron a separar los rendimientos en las densidades extremas, siendo mucho más marcado el efecto en el tercer año de crecimiento.

Ornithopus compressus se comportó como una especie de crecimiento inverno-primaveral alcanzando los mayores valores de producción durante la primavera, valores éstos, que están de acuerdo a lo esperado para condiciones de crecimiento sin la competencia de los árboles (Olmos, 1996), mostrando al mismo tiempo un alto potencial para la producción de semilla en el primer año de crecimiento entre los árboles, con valores mayores a 440 kg/ha. La producción de forraje alcanzada en el tercer año de crecimiento con la densidad de árboles mayor es muy importante considerando no sólo la presencia de los árboles sino también la época del año (2200 kg MS/ha). *Trifolium vesiculosum* también es una especie de crecimiento anual invernal, que si bien produjo forraje en forma similar a *Ornithopus* en los primeros dos años, la misma no mostró una buena recuperación en la producción de forraje en el tercer año de evaluación. Esta especie presenta, sin embargo, una cualidad importante que es la producción potencial de heno de buena calidad cuando el crecimiento de los árboles es escaso en los primeros años. En enero de 1992 se cosecharon 55, 39 y 42 kg de semilla/ha para las densidades de 200, 400 y 1000 árboles por hectárea respectivamente; esta baja productividad puede haber afectado negativamente su reinstalación en el otoño de 1993 (a nivel comercial se han alcanzado en la región rendimientos de más de 500 kg. de semilla/ha).



Foto 9 – Sistema 4 - leguminosas, *Lotus pedunculatus* cv. Makú.



Foto 10 – Cosecha para heno de *Trifolium vesiculosum*.

En el caso de *Trifolium subterraneum*, solamente al final del tercer año se pudo registrar la producción de forraje, sin embargo dado el desarrollo de los árboles, ya se manifestaba el efecto negativo de las mayores densidades en el rendimiento.

Cuadro 10- Producción de forraje en kg MS/ha durante tres años semilla y heno, de las cinco leguminosas sembradas con tres densidades de árboles.

especie	árboles / ha.	28 nov. 1991	24 marzo 1992	21 junio 1992	21 sep. 1992	13 enero 1993	23 agosto 1993
<i>Ornithopus compressus</i>	200	5392	600		3281		2235
	400	4795	620	-	3267	-	-
	1000	4147	440 semilla		1401		798
<i>Trifolium vesiculosum</i>	200	5654			2398		plántulas
	400	3832	6525	-	1909	-	
	1000	3754	heno		1427		
<i>Trifolium subterraneum</i>	200						3059
	400	-	-	-	-	-	-
	1000						829
<i>Lotus corniculatus</i>	200	3129	4677	97	3653	2957	plántulas
	400	2507	7877	87	2838	2971	
	1000	3215	6397	70	1690	2205	
<i>Lotus pedunculatus</i>	200	3716	2510	2201	2956	1050	1514
	400	2148	4560	1979	2817	1337	-
	1000	3522	2087	1344	1751	375	1354

Las dos especies de lotus fueron las que mantuvieron la productividad en forma más constante durante el período de evaluación. *Lotus pedunculatus* cv. Maku, independientemente de algunas variaciones estacionales en el rendimiento, en comparación con *Lotus corniculatus*, fue la especie que mantuvo la productividad a través de todo el período experimental. En el último registro, el cv. Maku, fue la leguminosa que presentó una brecha menor entre las densidades extremas, con 160 kg comparado con 1437 kg y 2230 kg para *Ornithopus* y *T. subterraneo* respectivamente. Olmos (1996) reporta rendimientos algo inferiores (3500 kg MS/ha/año) para el caso de *Lotus pedunculatus*, en suelos arcillosos de la región sometidos a estrés hídrico. Aparentemente, estos suelos arenosos constituyen un buen ambiente para el desarrollo de la especie, en comparación con los resultados reportados para Nueva Zelanda por West *et al.* (1988).



Foto 11 – Enfardado de *Trifolium vesiculosum*.



Foto 12 – *Lotus corniculatus* cv. S. Gabriel entre filas de *Eucalyptus grandis*.

Las especies perennes tendieron a presentar rendimientos de forraje superiores a las especies anuales (Figura 7) destacándose, sin embargo, los niveles de productividad alcanzados por *O. compressus*. Esta última es una especie liberada específicamente para este tipo de suelo donde el pH y los niveles de materia orgánica en el suelo intervienen como limitantes para el desarrollo de otras leguminosas (Olmos, 1996).

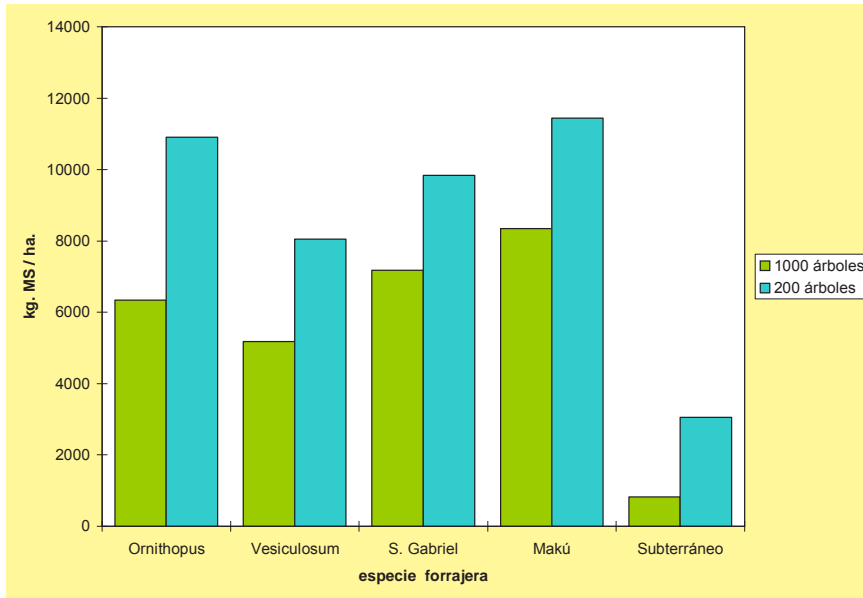


Figura 7 - Producción de forraje acumulada durante tres años en el Sistema 4 para dos niveles de densidad de árboles.

Las diferencias en los ciclos de crecimiento entre las especies perennes y *O. compressus* permitirían el establecimiento de distintas opciones de integración en los sistemas agroforestales, siendo que lotus en general aporta considerablemente más forraje que *Ornithopus* en el período desde fin de verano hasta el inicio del invierno y lo contrario ocurre durante el período a fines del invierno - primavera.

La proporción en la composición botánica de cada leguminosa durante la segunda y tercera primavera se presenta en el Cuadro 11. Las especies *T. vesiculosum*, *L. corniculatus* y *L. pedunculatus* tendieron a presentar una mayor proporción en la composición botánica en el año 1992; en cambio *O. compressus* y *T. subterraneum* presentaron valores mayores con la densidad media y alta respectivamente. Para el último año de registros ninguna especie presentó mayores diferencias en la proporción presente de la composición botánica de acuerdo a la densidad de árboles extrema. En el caso de *L. corniculatus* los resultados podrían explicarse parcialmente en la medida que es conocido su comportamiento como una especie prácticamente bianual (Altier, 1994), recuperándose su presencia en el tercer año a partir del banco de semillas presente en el suelo.

Cuadro 11- Composición botánica (%) en cada tratamiento individual con leguminosa en las tres densidades de árboles y dos primaveras en el Sistema 4.

especie	setiembre 1992			agosto 1993		
	densidad de árboles			densidad de árboles		
	1000	400	200	1000	400	200
<i>O. compressus</i>	85	100	95	93	40	90
<i>T. vesiculosum</i>	83	70	100	plántulas	plántulas	plántulas
<i>L. corniculatus</i>	70	88	98	plántulas	plántulas	plántulas
<i>L. pedunculatus</i>	95	100	100	80	-	75
<i>T. subterraneum</i>	80	70	53	65	65	50

En cuanto a la calidad de las especies forrajeras, lo más importante es destacar los valores alcanzados por *Trifolium vesiculosum* ya que es una especie poco conocida; los valores de DMO fueron 87,6% y 86,8% para la hoja y el tallo respectivamente, los valores de proteína cruda fueron 22,5% y 12,6% para las hojas y tallos respectivamente.

En cuanto a la calidad proporcionada por el heno los valores de los parámetros fueron 62,1 para el % DMO, 11,9% de proteína cruda, 7,23% para las cenizas y 46,3% para la FDA. El heno fue cortado el 3 de enero de 1992 y enfardado el 8 de enero del mismo año, con un 76% de materia seca, representando una tasa de crecimiento media en 150 días de 43,5 kg MS/ha/día.



Foto 13 – *Ornithopus compressus* cv. Encantada entre filas de *Eucalyptus grandis*.

Sistema 5

La siembra de *Bromus auleticus* se realizó el 31 de mayo de 1991 con una densidad de 40 kg/ha y una fertilización fosfatada básica en la que se aplicó inicialmente 40 kg de nitrógeno por hectárea. La producción de forraje fue relativamente afectada por la densidad de los árboles ya que, a partir del primer año de instalada la pastura, debido a que la misma se encontraba creciendo dentro de un ambiente forestal ya desarrollado, los mayores rendimientos de forraje se alcanzaron con las densidades de árboles menores (Cuadro 12).

Cuadro 12- Producción de forraje en kg MS/ha de *Bromus auleticus* en cada corte en el Sistema 5

árboles / ha	21 junio 1992	13 enero 1993	23 agosto 1993
200	3033	2366	2618
400	3165	3144	2105
1000	1751	1855	1205

Los resultados muestran el alto potencial de la especie para los sistemas integrados con árboles, siendo afectada negativamente en su productividad sólo con la densidad mayor de árboles estudiada. Es muy importante resaltar su estabilidad productiva, ya que considerando el período verano – otoño 1991 – 1992 y la primavera 1992 – 1993 *Bromus auleticus* mantuvo su rendimiento en forraje relativamente alto en comparación a las otras especies evaluadas, alcanzando valores promedio para el primer y segundo período mencionados de 3099 y 2360 kg MS/ha respectivamente. Esta productividad otoño – invernal es una de las principales características de la especie (Olmos, 1993).

En la Figura 8 se presenta la producción acumulada de forraje para el período de evaluación en las tres densidades de árboles.

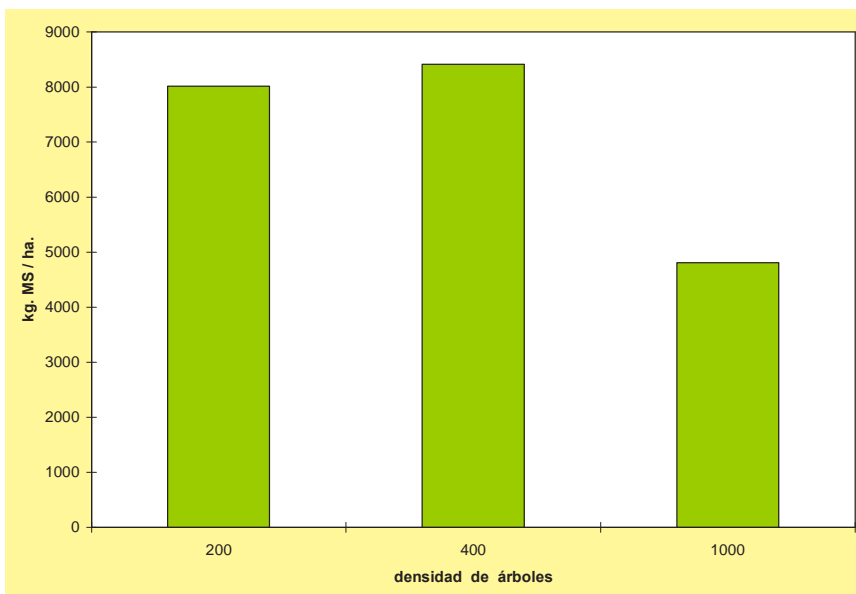


Figura 8- Producción de forraje de *Bromus auleticus* acumulada para el período 1991 – 1993 en el Sistema 5.



Foto 14 - *Bromus auleticus* entre líneas de *Eucalyptus grandis*, a la izquierda parcela con raigrás anual.

Crecimiento de los árboles

La altura de los árboles se incrementó en forma prácticamente lineal en los primeros tres años, independientemente del sistema donde se implantaron. En el tercer año los *Eucalyptus* plantados en el sistema con leguminosas crecieron por debajo del promedio de los sistemas, en cambio los árboles en el sistema con *Bromus* crecieron por encima del promedio (Figura 9).

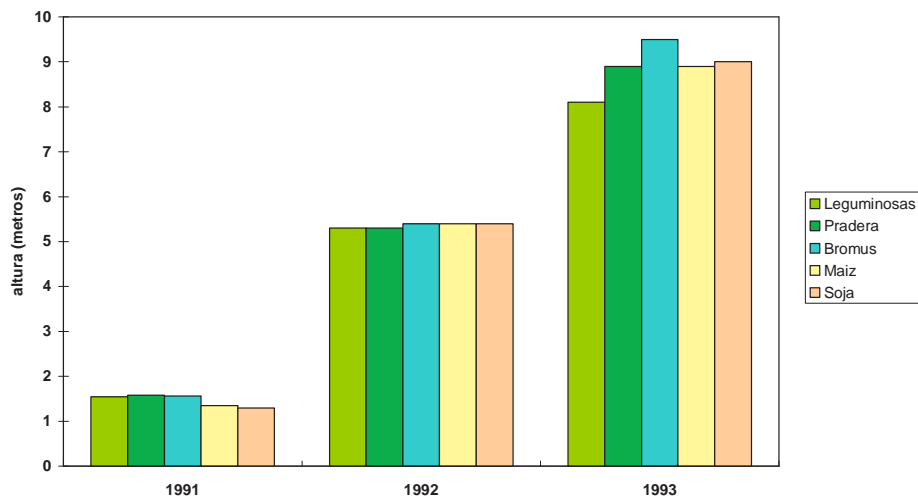


Figura 9- Altura de plantas de *Eucalyptus grandis* en tres años en cinco sistemas de producción integrados.

El diámetro a la altura del pecho (DAP) se incrementó un 80% entre el segundo y tercer año en promedio para todos los sistemas, con valores relativamente más altos para el sistema con *Bromus* en 1993 y relativamente más bajos para el sistema que incluyó pradera (Figura 10).

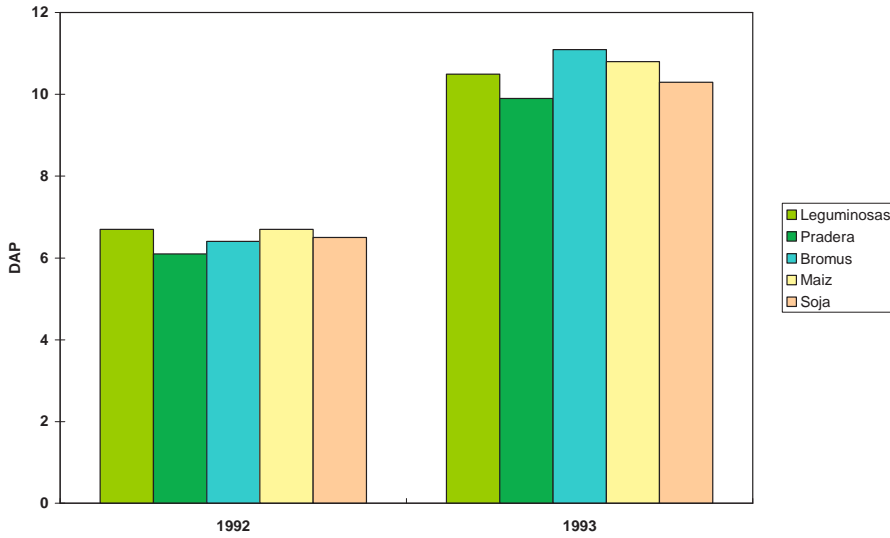


Figura 10- Diámetro a la altura del pecho en cm (DAP) de plantas de *Eucalyptus grandis* en el segundo y tercer año de crecimiento en cinco sistemas de producción integrados.

Los registros de crecimiento anual acumulado de los árboles no indican una diferencia importante entre los sistemas para el segundo año. Sin embargo, en el tercer año, el sistema integrado con Bromus creció un 40% más en volumen que los árboles en el sistema con pradera, resultando intermedios los valores en los otros sistemas (Figura 11).

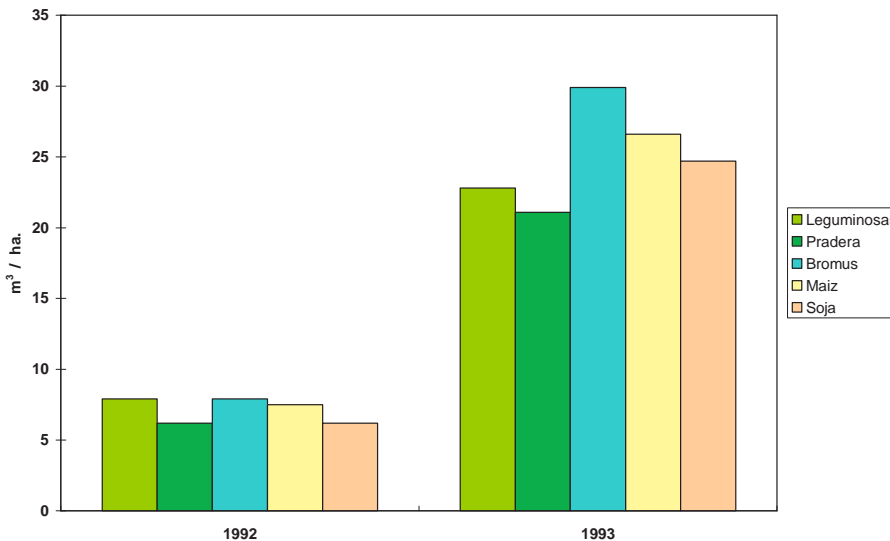


Figura 11- Volumen acumulado en el segundo y tercer año de crecimiento de plantas de *Eucalyptus grandis* en cinco sistemas integrados.

Aparentemente la posición relativa de cada sistema está relacionada con la dinámica de la fertilización nitrogenada y la competencia ejercida por la pastura con los árboles. Los sistemas en los que se aplicó nitrógeno en forma de fertilizante químico (Bromus, Maíz y Soja) presentan crecimientos mayores del componente arbóreo; en el caso de Bromus tendría a su favor la menor competencia ejercida por el crecimiento inicial del mismo. Respecto a los sistemas que involucraron leguminosas, estos tuvieron un menor crecimiento de los árboles y, siendo que el N_2 es integrado a través de la leguminosa, podría estimarse que ante la ausencia de animales, este ciclo se viera enlentecido. El menor crecimiento de los árboles en el sistema con pradera se podría explicar por la menor proporción de leguminosas en la pastura (42% de lotus; Cuadro 9) en comparación con la información presentada para las leguminosas individuales (Cuadro 10)

En el caso del tercer año de crecimiento se destaca claramente el sistema integrado con Bromus con 22 m³/ha frente a valores algo inferiores de 15 m³/ha presentes en los sistemas integrados con leguminosas y pradera; los árboles en los sistemas que incluyeron cultivos de verano (maíz y soja) con verdeos de invierno, crecieron con valores intermedios a los mencionados anteriormente (Figura 12).

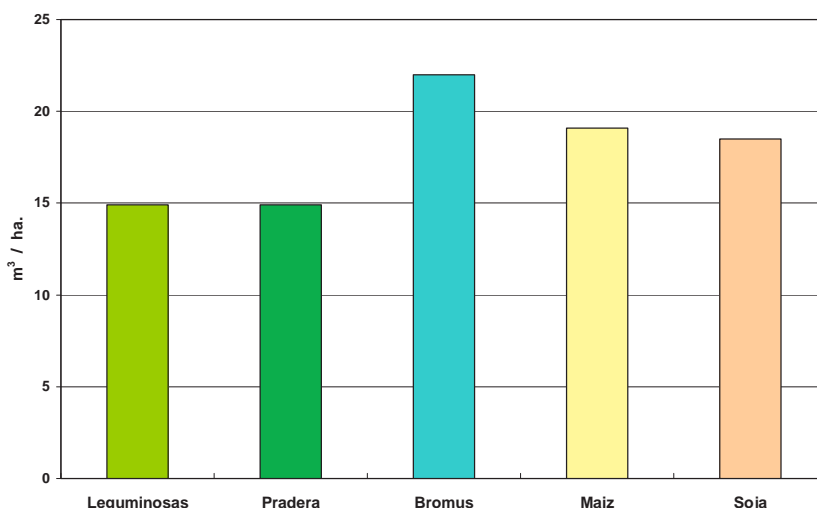


Figura 12- Incremento en m³/ha en el tercer año de crecimiento de árboles de *Eucalyptus grandis* en cinco sistemas integrados

Los resultados registrados en el crecimiento de los árboles en este tercer año son similares a los reportados en la región para la misma especie de *Eucalyptus*, del orden de los 20 m³/ha/año (Balmelli y Resquín, 2006).

A inicios del tercer año de crecimiento se analizó el contenido de proteína en el follaje de los árboles, registrándose un valor de 10,5% para los sistemas en los que no se había aplicado nitrógeno (Sistemas 3 y 4) y un valor de 18,14% para los sistemas donde se aplicó fertilización nitrogenada (Sistemas 1, 2 y 5). La DMO y la FDA fueron relativamente similares en los diferentes sistemas con valores de 56% y 24,7% para los sistemas con fertilización nitrogenada respectivamente, comparados con los valores de 54,6% y 25,5% respectivamente para los sistemas sin la aplicación de nitrógeno como fertilizante.

Conclusiones

Se verificó, positivamente, la implementación de sistemas agroforestales en los suelos arenosos sobre areniscas de Tacuarembó, incluyendo el uso de cultivos de verano para grano, la producción de forraje, la producción de semilla forrajera conjuntamente con la producción de madera utilizando especies ya adaptadas a la región.

Tanto la producción de forraje como la producción de madera, registrada en los primeros años del estudio, fue similar a la registrada en informes anteriores respecto a la producción individual de cada rubro como monocultivo. Sin embargo, el rendimiento de grano obtenido por los sistemas que incluyeron cultivos de verano, fue sensiblemente menor al esperado con monocultivos.

A partir del tercer año de crecimiento se verificó el impacto negativo de la mayor densidad de árboles sobre el crecimiento de las pasturas.

La densidad intermedia, 400 árboles/ha o densidades menores, permitirían la implementación de distintas alternativas de cultivos y forrajes adaptados a las condiciones locales, toda vez que el manejo silvicultural así como la calidad genética del componente forestal sean optimizados, para una mejor rentabilidad en el mediano plazo.

El efecto de la aplicación de nitrógeno en cada sistema, ya sea en forma biológica o a través del fertilizante químico, determinó diferentes respuestas en el crecimiento de los árboles, siendo mayores los valores de crecimiento anual maderero en los sistemas donde fue aplicado el N_2 como fertilizante químico.

7 - CONSIDERACIONES FINALES

En forma general es posible proponer algunas acciones a futuro en el corto y mediano plazo; en este sentido, es altamente relevante poder validar algunos de los sistemas evaluados en este trabajo con:

- La utilización del forraje por parte de los animales
- El uso del alambrado electrificado, por ejemplo en el engorde de corderos
- La inclusión de cultivos como el maní, la papa, el boniato y especies forrajeras como el pasto italiano y *Setaria anceps*, entre otras.

Al mismo tiempo, es muy importante identificar e incorporar especies y genotipos con alto valor genético para el componente forestal, independientemente que este sea maderero o multipropósito (frutales, melíferos), con la evaluación de tratamientos silviculturales más intensivos.

Por otro lado, la propia valorización de los sistemas naturales como son los montes de parque, el monte serrano y los palmares con butiá, entre otros ejemplos, son aspectos esenciales para la valorización de los sistemas agroforestales.

Finalmente, se considera que el diseño de la maquinaria adecuada para cada proceso dentro del sistema y el tamaño adecuado de las mismas son elementos que también deberán ser estudiados en relación con este tema.



Foto 15 – Los sistemas agroforestales intensivos requieren la utilización de maquinaria adaptada.

8- BIBLIOGRAFÍA

Altamirano, A.; da Silva H.; Durán, A.; Echevarria, D.; Puentes R. 1976. *Clasificación de suelos. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Ministerio de Agricultura y Pesca. Montevideo, Uruguay.*

Allegri, M.; Formoso, F.; Arocena, M. 1977. *Verdeos de invierno en suelos arenosos. Ministerio de Agricultura y Pesca. CIAAB. Estación Experimental del Norte. Boletín de Divulgación No. 32. 15 p.*

Altier, N. 1994 – *Current status of research on Lotus diseases in Uruguay. In: International Lotus Symposium. 1st. Proceedings. Columbia, University of Missouri. pp.: 203-202.*

Améndola, L. A. 1980. *Resultados de cultivos. In: Reunión Técnica de Cultivos de Verano. Centro Investigaciones Agrícolas A. Boerger. Estación Experimental del Norte. Ministerio de Agricultura y Pesca. pp.: 1-18.*

Ayala, W.; Bermúdez, R.; Quintans, G. 2001. *Comportamiento productivo de lotus Makú como nueva alternativa forrajera para engorde ovino. In: Lotus Makú: Manejo, Utilización y Producción de Semilla. Serie Técnica No. 119. INIA La Estanzuela. INIA Treinta y Tres. pp.: 25-35.*

Balmelli, G.; Resquin, F. 2006. *Productividad de diferentes especies de Eucalyptus sobre areniscas de Tacuarembó – Rivera. In: 30 años de investigación en suelos de areniscas. Serie Técnica No. 159. INIA Tacuarembó. pp.: 305 – 312.*

Baggio, A. J. 1983. *Sinopse de algumas vantagens e desvantagens dos sistemas silvipastoris con Pinus spp. EMBRAPA. Unidade Regional de Pesquisa Florestal. Centro Sul. Circular Técnica No. 07. 10p.*

Bemhaja, M. 1993. *Holcus lanatus L. “La Magnolia”. Serie Técnica No. 32. INIA Tacuarembó. 15 p.*

Bemhaja, M. 2001. *Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos arenosos. In: Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos de Uruguay. Boletín de Divulgación No. 76 INIA. pp.: 109-122.*

Browder, J. O.; Wynne, R. H.; Pedlowski, M. A. 2005. *Agroforestry diffusion and secondary forest regeneration in the Brazilian Amazon: further findings from the Rondônia Agroforestry Project (1992–2002). Agroforestry systems, 65: 99-111.*

Brusa, C. A.; Grela, I. A. (2007). *Flora Arbórea del Uruguay. Con énfasis en las especies de Rivera y Tacuarembó. COFUSA. 542 p.*

Butcher, D. 1988. *Government policy and agroforestry. In: Agroforestry Symposium Proceedings. Ministry of Forestry, Forest Research Institute. FRI Bulletin No. 139. pp.: 7-12.*

Cabrera, C. 1989. *Sistemas de manejo agroforestal no Chile: Descricao de un experimento de manejo silvipastoril com Pinus radiata. Boletim Pesquisa Flor. Curitiba (18/19): 23-30.*

Carhuapoma, L.; Portuguez, H. 1997. *La agroforestería en Perú. Dirección de Manejo Forestal y Reforestación. Instituto Nacional de recursos Naturales de Perú. 40 p.*

Carranza, C. A. 2009. *Sistemas silvopastoriles en bosque nativo del Chaco Argentino. In: 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones. Argentina. 14-16 de mayo 2009. Actas. Ediciones Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria. INTA. pp.: 48-58.*

Chebataroff, J. 1960. *Tierra Uruguay. Introducción a la geografía física, biológica y humana del Uruguay. Talleres Don Bosco. Montevideo. 451 p.*

CONENAT 1994. *Grupos de suelos. Indices de productividad. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Montevideo. 182 p.*

David, S. 1997. *Household economy and traditional agroforestry systems in western Kenya. Agricultural and Human Values 14: 169-179.*

Dell'Acqua, M.; Petraglia, C.; San Román, D. 2006. *Resultados de la interpretación de imágenes satelitales para forestación y el uso de los suelos de prioridad forestal. www.mgap.gub.uy/Forestal/ImagenSateliteForestacion.pdf. Consulta julio 2009.*

Díaz, R.; García, F.; Bozzano, A. 1980. *Dinámica de la disponibilidad de nitrógeno y las propiedades físicas del suelo en rotaciones de pasturas y cultivos. In: Rotaciones. Centro Investigaciones Agrícolas. A. Boerger. Estación Experimental La Estanzuela. Miscelánea 24. pp.: 1-25.*

Doescher, P. S. ; Tesch, S. D.; Alejandro-Castro, M. 1987. *Livestock Grazing: A Silvicultural Tool for Plantation Establishment. Journal of Forestry. October, 1987. pp : 29-37.*

Erbach, D. C.; Lovely, W. G. 1976. *Machinery Adaptations for Multiple Cropping. In: Multiple Cropping. ASA. Special Publication No. 32. pp.: 337-346.*

Etienne, M.; Hubert, B.; Lachaux, M.; Couix, N.; Jullian, P. ; Lasseur, J. ; Lecrivain, E.; Legrand, C. ; Leouffre, M. C. ; NapoOleone, M. 1990. *Territoire pastoral et espace forestier: essai d'analyse des pratiques de paturage. In: Modelisation Systemique et Systeme Agraire. Decision et organisation. Brossier J., Vissa B., Le Moigne J. L. Editeurs. INRA. Paris. pp.: 255 – 268.*

Fogliano, D. 1992. *Observaciones sobre silvo-pastoreo. In: 1ra. Reunión Técnica Sobre Sistemas Agroforestales. Comisión Honoraria Plan Agropecuario. Dirección Forestal MGAP. Facultad de Agronomía. INIA-Tacuarembó. pp.: 13 - 14.*

Formoso, F.; Allegri, M. 1980. *Comportamiento de leguminosas en suelos arenosos, pesados e hidromórficos. In: Leguminosas de la región noreste. Estación Experimental del Norte. Centro Investigaciones Agrícolas A. Boerger. Tacuarembó. Miscelánea No. 21. pp.: 1-8.*

Formoso, F.; Allegri, M. 1984. *Gramíneas perennes en el noreste. Estación Experimental del Norte. Centro Investigaciones Agrícolas A. Boerger. Tacuarembó. Miscelánea No. 56. 37 p.*

Francis, Ch. A. 1989. *Biological efficiencies in multiple-cropping systems. Advances in Agronomy. Vol. 42. pp.: 1-42.*

Gomm, F. B.; Sneva, F. A.; Lorenz, R. J. 1976. *Multiple Cropping in the western United States. In: Multiple Cropping. ASA Special Publication No. 32. pp.: 103-116.*

Haines, P. J. 1992. *Integration of tress with lievstock in agroforestry systems. Proceedings of the Australian Society of Animal Production. Vol. 19. pp.: 363-365.*

Haines, Ph. 1993. *Benefits of shelterbelts for farm production. In: Agroforestry. Trees for productive farming. Edited by Digy Race. Department of Conservation and natural Resources. Agmedia. Department of Agriculture. Australia. pp.: 37-44.*

Harwood, R. O.; Price, E. C. 1976. *Multiple Cropping in Tropical Asia. In: Multiple Cropping. ASA Special Publication No. 32. pp.: 11-50.*

IICA – FSB - MAP. 1978. *Recursos naturales: clima. In: Estudio socioeconómico de la agricultura en la región noreste. Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura. Fondo simón bolívar. Ministerio de Agricultura y Pesca. Montevideo. Tomo II. pp.: 26-29.*

INIA. Tacuarembó. 2006. *30 años de investigación en suelos de areniscas. Serie Técnica No. 159. Editores: M. Bemhaja, O. Pittaluga. INIA Tacuarembó. 436 p.*

INIA. 2008. *4to. Encuentro Nacional de Frutos Nativos. Programa Nacional de Producción Frutícola. CD. Serie de Actividades de Difusión No 530. INIA. Est. Exp. de Salto, Fac. de Agronomía, Udelar. Dirección General Forestal, MGAP. Casa de la Cultura, Melo, Cerro Largo. Intendencia Municipal de Cerro Largo. Grupo CAA-OBETI.*

Jose, S.; Gillespie, A. R.; Pallardy, S. G. 2004. *Interspecific interactions in temperate agroforestry. Agroforestry Systems 61: 237-255.*

Kallenbach, R. L.; Bishop – Hurley, G. J. 2006. *Cumulative forage production, forage quality and livestock performance from an annual ryegrass and cereal rye mixture in a Pine – Walnut silvopasture. Agroforestry Systems 66: 43-53.*

Knowles, R. L.; Cutler, T. R. 1980. *Integration of Forestry and Pastures in New Zealand*. New Zealand forest Service, Wellington, N. Z. 1980. 11th. Commonwealth Forestry Conference, September, 1980. 14 p.

Krall, J. 1992. *Silvo-pastoreo*. In: *1ra. Reunión Técnica Sobre Sistemas Agroforestales. Comisión Honoraria Plan Agropecuario. Dirección Forestal MGAP. Facultad de Agronomía. INIA-Tacuarembó*. pp.: 1-4.

Lacorte, S. M.; Esquivel, J. I. 2009. *Sistemas silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción*. In: *1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones. Argentina. 14-16 de mayo 2009. Actas. Ediciones Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria. INTA*. pp.: 70-82.

Lagarmilla, J; Heguy Terra, E. 1975. *Código Rural. Tomo I. Universidad de la República. División Publicaciones y Ediciones. República Oriental del Uruguay. Montevideo*. 129 p.

Lassoie, J. P. 1990. *Towards a comprehensive education and training program in agroforestry*. *Agroforestry Systems* 12: 121-131.

Lewis, E. C.; Burton, G. W.; Monson, W. G. ; McCormick, W. C. 1983. *Integration of pines, pastures and cattle in south Georgia, USA*. *Agroforestry Systems* 1: 277-297.

Lombardo, A. 1964. *Flora arbórea y arborescente del Uruguay. 2da. Edición. Concejo Departamental de Montevideo. Dirección de Paseos Públicos. Montevideo*. 151 p.

Marchesi, E.; Davies, Ph. 2004. *Especies vegetales autóctonas e introducidas presentes en el territorio uruguayo como aromáticas y/o medicinales en relación con los datos de uso popular*. In: *Estudios en domesticación y cultivo de especies medicinales y aromáticas nativas. Serie FPTA. INIA. No. 11*. pp.: 181-194.

Martínez, F.; Pereyra, F.; Boggiano, P.; Alzugaray A. 1992. *Silvo pastoreo con lanares*. In: *1ra. Reunión Técnica Sobre Sistemas Agroforestales. Comisión Honoraria Plan Agropecuario. Dirección Forestal MGAP. Facultad de Agronomía. INIA-Tacuarembó*. pp.: 15.

Mead, D. J. 2009. *Biophysical interactions in silvopastoral systems: a New Zealand perspective*. In: *1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones. Argentina. 14-16 de mayo 2009. Actas. Ediciones Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria. INTA*. pp.: 3-9.

Mollar, V. 1992. *Aprovechamiento ganadero en un predio forestado*. In: *1ra. Reunión Técnica Sobre Sistemas Agroforestales. Comisión Honoraria Plan Agropecuario. Dirección Forestal MGAP. Facultad de Agronomía. INIA-Tacuarembó*. pp.: 17- 18.

Montagnini, F.; Nair, P. K. R. 2006. *Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems*. *Agroforestry systems* 61: 281-295.

NAS. 1980. *Firewood Crops. Shrub and Tree Species for Energy Production.* National Academy of Sciences. Washington D. C. 237 p.

Nasr, H. G. 1976. *Multiple Cropping in Some Countries of the Middle East.* In: ASA Special Publication No. 32. pp.: 117-127.

Noble, W. 1992. *Utilización de pasturas en montes de pinos.* In: 1ra. Reunión Técnica Sobre Sistemas Agroforestales. Comisión Honoraria Plan Agropecuario. Dirección Forestal MGAP. Facultad de Agronomía. INIA-Tacuarembó. pp.: 21- 22.

Okigbo, B. N.; Greenland, D. J. 1976. *Intercropping systems in Tropical Africa.* In: Multiple Cropping. ASA Special Publication No. 27. pp.: 63-101.

Olmos, F. 1983. *Caracterización de la Región Noreste.* In: 1ra. Jornada Agrícola –Ganadera de Caraguatá. Estación Experimental del Norte. Centro Investigaciones Agrícolas A. Boerger. Ministerio de Agricultura y Pesca. pp.: 1-14.

Olmos, F. 1991. *Dos temas de pasturas cultivadas para la región noreste.* INIA Tacuarembó. Serie Técnica No. 16. 20 p.

Olmos, F. 1993. *Bromus auleticus.* INIA Tacuarembó. Serie Técnica No. 35. 30 p.

Olmos, F. 1994. *Métodos de siembra de pasturas para brunosoles del noreste.* INIA Tacuarembó. Serie Actividades Difusión No. 2. 30 p.

Olmos, F. 1996. *Ornithopus compressus cv.* INIA Encantada. INIA Tacuarembó. Serie Técnica No. 75. 19 p.

Olmos, F. 1997. *La productividad de pasturas en relación a los principales parámetros del clima.* In: Efectos climáticos sobre la productividad de pasturas en la región noreste. INIA Tacuarembó. Boletín divulgación. No. 63. pp.: 1-12.

Olmos, F. 2000. *Sistemas Agroforestales: una opción válida para Uruguay.* Cuarta Jornada AGRO2000. Ciclo 2000. Forestación: Realidad Uruguaya. 30 junio 2000. Tacuarembó. 25 p.

Olmos, F. 2001. *Mejoramiento de pasturas con lotus en la región noreste.* Serie Técnica No. 124. INIA Tacuarembó. 48 p.

Olmos, F.; Balmelli, G.; Pérez Gomar, E. 1992. *Implementación de sistemas agro-silvo pastoriles – In: 1ra. Reunión Técnica Sobre Sistemas Agroforestales. Comisión Honoraria Plan Agropecuario. Dirección Forestal MGAP. Facultad de Agronomía. INIA-Tacuarembó. pp.: 16.*

Ovalle, C. 1986. *Étude du système écologique sylvopastoral a Acacia caven (Mol.) Hook. et Arn. Applications a la gestion des ressources renouvelables dans l'aire climatique méditerranéenne humide et sub-humide du Chili.* These Doctorat, U. S. T. L. Montpellier. 224 p.

Ovalle, C.; Avedaño J. 1987. *Interactions de la strate ligneuse avec la strate herbacée dans le formations d'Acacia caven (Mol.) Hook. et Arn. au Chili. I. influence de l'arbre sur la composition floristique, la production et la phénologie de la strate herbacée.* Acta Oecologica. Oecologia Plantarum 1987. vol 8 (22), No. 4, p. 385-404.

Peñaloza, R.; Hervé, M.; Sobarzo, L. 1985. *Applied research on multiple land use through silvopastoral system in southern Chile.* Agroforestry systems 3: 59-77.

Percival, N. S.; Knowles, R. L. 1983. *Combination of Pinus radiata and pastoral agriculture on New Zealand hill country. I. Agricultural productivity.* In: *Foothills for food and forests.* Ed. D. B. Hanaway. Oregon State university, College of Agricultural Sciences. Symposium No. 2. pp.: 185-202.

Percival, N. S.; Knowles, R. L. 1988. *Relationship between radiata pine and understorey pasture production.* In: *Agroforestry Symposium Proceedings.* Ministry of Forestry, Forest Research Institute. FRI Bulletin No. 139. pp.: 152-164.

Pereira, G. 2006. *Cultivo de maní.* In: *30 años de investigación en suelos de areniscas de Tacuarembó.* Serie Técnica No. 159. INIA Tacuarembó. pp.: 275-281.

Pérez Gomar, E.; Bemhaja, M. 1992. *Caracterización y perspectivas de las rotaciones en los suelos arenosos del noreste del Uruguay.* INIA Investigaciones Agronómicas No. 1. Tomo II. pp.: 205-213.

Pérez Gomar, E.; Lavecchia, A. 2006. *Recopilación de investigación en cultivos extensivos en suelos arenosos de Tacuarembó.* In: *30 años de investigación en suelos de areniscas de Tacuarembó.* Serie Técnica No. 159. INIA Tacuarembó. pp.: 225-232.

Pérez Gomar, E.; Bemhaja, M.; Gutiérrez, F. 2009. *Estudio exploratorio sobre las propiedades químicas de suelos de sistemas silvopastoriles de la Unidad Chapicuy en Paysandú, Uruguay.* In: *1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles.* Posadas, Misiones. Argentina. 14-16 de mayo 2009. Actas. Ediciones Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria. INTA. pp.: 450-451.

Picos, C. 2006. *Cultivo de boniato sobre areniscas de Tacuarembó - Rivera.* In: *30 años de investigación en suelos de areniscas de Tacuarembó.* Serie Técnica No. 159. INIA Tacuarembó. pp.: 265-273.

Pittaluga, O. 2006. *Inclusión de genética cebuina para la mejora de la productividad de los rodeos del norte de Uruguay.* In: *30 años de investigación en suelos de areniscas de Tacuarembó.* Serie Técnica No. 159. INIA Tacuarembó. pp.: 61-82.

Pittock, A. B. 2009. *Mitigation: limiting climate change.* In: *Climate Change. The Science, Impacts and Solutions.* 2nd. Edition. CSIRO Publishing. Earthscan. pp.: 149-221.

Pinchinat, A. M.; Soria, J.; Bazzan, R. 1976. *Multiple cropping in Tropical America.* In: *ASA Multiple Cropping Special Publication No. 32.* pp.: 51-61.

Polla, M. A. 2009. *Silvopastoreo con ovinos*. [www.mgap.gub.uy / forestal /silvopastoreoconovinos.pdf](http://www.mgap.gub.uy/forestal/silvopastoreoconovinos.pdf). 9 p. Consulta julio 2009.

Porfirio da Silva, V. 2009. *Los sistemas silvopastoriles en las regiones subtropicales del Brasil: las actividades de la EMBRAPA*. In: 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones. Argentina. 14-16 de mayo 2009. Actas. Ediciones Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria. INTA. pp.: 59-65.

Puri, S.; Nair, P. K. R. 2004. *Agroforestry research for developomnent in India: 25 years of experiences of a national program*. *Agroforestry Systems* 61: 437-452.

Ramachandran Nair, P. K. 1993. *An Introduction to Agroforestry*. Kluver Academic Publishers, in cooperation with Internatioal Centre for Research in Agroforestry ICRAF. 499 p.

Renda, A.; Calzadilla, E.; Jiménez, M.; Sánchez, J.; 1997. *La agroforestería en Cuba*. Instituto Investigaciones Forestales. Red Latinoamericana de Coop. Técnica en Sistemas Agroforestales. Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. Of. Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile. 64 p.

Rivas, M. 2005. *Desafíos y alternativas para la conservación in situ de los palmares de Butia capitata (Mart.) Becc*. In: Simposio de recursos genéticos para América Latina y El Caribe. INIA. Facultad de Agronomía. Comité Nacional de Recursos Fitogenéticos. Montevideo. Agrociencia. Vol. IX No. 1 y 2. pp.: 161-168.

Rozados, M. J; González, M. P.; Silva, F. J. 2007. *Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic Silvopastoral system*. *Agroforestry systems* 70: 53-62.

Samra, J. S.; Vishwanatham, M. K.; Sharma, A. R. 1999. *Biomass production of trees and grasses in a silvopasture system on marginal lands of Doon Valley of north west India*. 2. Performance of grass species. *Agroforestry systems* 46: 197-212.

Sanz, C.; Daniluk, G.; López Quero, M. 2007. *Bienes y servicios de los bosques implantados en Uruguay: evaluación preliminar de los productos forestales no madereros de mayor importancia comercial*. *Agrociencia*. Vol XI No. 1. pp.: 73-80.

Sharrow, S. H.; Syed Ismail. 2004 – *Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA*. *Agroforestry Systems* 60: 123-130.

Soares de Lima, M.; Pittaluga, O. 2006. *Sistemas de producción ganaderos en suelos arenosos*. In: 30 años de investigación en suelos de areniscas de Tacuarembó. Serie Técnica No. 159. INIA Tacuarembó. pp.: 215-223.

Sotomayor, A. 2009. *Sistema silvopastoriles, alternativa productiva para un desarrollo sustentable de la agricultura en Chile*. In: 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones. Argentina. 14-16 de mayo 2009. Actas. Ediciones Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria. INTA. pp.: 26-48.

Squella, F. Soto, G. 1993. *Desarrollo de sistemas agroforestales en la zona de tendencia desértica y mediterránea árida y semiárida de Chile. Proyecto FAO/Holanda. Desarrollo forestal Participativo en Los Andes. Oficina de Coordinación Nacional – Chile. 83 p.*

Tustin, J. R.; Knowles, R. L.; Klomp, B. K. 1979. *Forest farming: a multiple land-use system in New Zealand. Forest Ecology and Management, 2: 169-189.*

Vishwanatham, M. K.; Samra, J. S.; Sharma, A. R. 1999. *Biomass production of trees and grasses in a silvopasture system on marginal lands of Doon Valley of north west India. 2. Performance of tree species. Agroforestry Systems, 46: 181-196.*

West, G. G.; Percival, N. S.; Dean, M. G. 1988. *Oversowing legumes and grasses for forest grazing: interim research results. In: Agroforestry Symposium Proceedings. Ministry of Forestry, Forest Research Institute. FRI Bulletin No. 139. pp.: 203-220.*

www.australianforest.org.au – Consulta julio 2009.

www.fao.org/docrep/005/ac486e/ac486202.htm. Consulta julio 2009.

www.maf.govt.nz/mafnet/unff-planted-forestry-meeting/conference-papers/lessons-from-south-eas-asia.htm. Consulta julio 2009.

www.mgap.gub.uy/Forestal/DGF.htm. Consulta mayo 2009.

www.mgap.gub.uy/UPCT/UPCT.htm. MDL Proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Institucionales para desarrollar Proyectos Forestales y Agropecuarios en Uruguay en el marco del MDL. Consulta julio 2009.

www.mtg.unimelb.edu.au – Consulta julio 2009.

Zinger, M. 1992. *Información básica sobre la empresa agroforestal “Cerro Alegre”. In: 1ra. Reunión Técnica Sobre Sistemas Agroforestales. Comisión Honoraria Plan Agropecuario. Dirección Forestal MGAP. Facultad de Agronomía. INIA-Tacuarembó. pp.: 23-24.*